



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

**PROBLEMATIKA HODNOCENÍ STAVEBNĚ STATICKÉHO
STAVU EXISTUJÍCÍCH OBJEKTŮ**

THE POSSIBILITY OF PERFORMING DIAGNOSIS OF WOODEN STRUCTURAL COMPONENTS AND
PARTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Pírek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL SCHMID, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Tomáš Pírek
Název	Problematika hodnocení stavebně statického stavu existujících objektů
Vedoucí práce	doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2016
Datum odevzdání	13. 1. 2017

V Brně dne 31. 3. 2016

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

ČSN EN 1995-1-1 „Navrhování dřevěných konstrukcí

ČSN ISO 13822 „Zásady navrhování konstrukcí – hodnocení existujících konstrukcí“

P. Schmid a kolektiv – Základy zkušebnictví

a související dle řešerše

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Téma práce je zaměřeno na možnosti využití současných diagnostických metod pro hodnocení aktuálního stavu dřevěných konstrukčních dílců a částí zabudovaných ve stavební konstrukci, např. části krovu, dřevěné stropní konstrukce apod.

Diplomová práce bude obsahovat dvě hlavní části, tj. část teoretickou a část praktickou.

V teoretické části student uvede jednotlivé diagnostické metody a možnosti provádění stavebně technického průzkumu dřevěných konstrukcí. V praktické části pak některé vybrané metody ověří na reálné konstrukci a provede hodnocení aktuálního stavu konstrukce včetně teoretického výpočtu únosnosti na základě informací z jednotlivých diagnostických metod.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je hodnocení stavebně technického a statického stavu objektu v areálu Královopolské a.s. V této práci jsou navrženy a následně realizovány diagnostické práce pro hodnocení existujících konstrukcí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Stavební průzkum, diagnostika, konstrukce, zdivo, dřevo

ABSTRACT

The aim of this thesis is to evaluate the building technical and structural condition of the structure in the areal of Kralovopolske a.s. In this work there are proposed and subsequently implemented diagnostic work for the assesment of existing structures.

KEYWORDS

Building survey, diagnostic, construction, masonry, wood

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Tomáš Pírek *Problematika hodnocení stavebně statického stavu existujících objektů*. Brno, 2016. 93 s., 0 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 13. 1. 2017

Bc. Tomáš Pírek
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 13. 1. 2017

Bc. Tomáš Pírek
autor práce

Děkuji rodině za finanční i morální podporu v náročnějších fázích studia. Děkuji svému vedoucímu diplomové práce za poskytnuté podklady a rady při psaní této práce.

Obsah

Úvod	12
1 cíle práce	13
2 hodnocení existujících konstrukcí	14
2.1 Hodnocení existujících konstrukcí podle ČSN ISO 13822 [2]	14
3 zděné konstrukce	21
3.1 Zděné konstrukce	21
3.2 Diagnostické metody	24
3.2.1 Vizuální prohlídka	24
3.2.2 Měření šířky trhlin [4]	24
3.2.3 Tvrdoměrné metody [3]	24
3.2.4 Jádrové vývrty	26
3.2.5 Stanovení pevnosti v tlaku malty[3]	27
3.2.6 Další metody	29
3.3 Stanovení pevnosti v tlaku zdících prvků	30
3.3.1 Charakteristická pevnost zdiva v tlaku [3]	30
3.3.2 Návrhová pevnost zdiva v tlaku [3]	31
4 dřevěné konstrukce	32
4.1 Mechanicko-fyzikální vlastnosti dřeva	33
4.1.1 Druhy dřevin [7]	33
4.1.2 Fyzikální vlastnosti [7]	35
4.1.3 Mechanické vlastnosti	36
4.2 Stavebně technický průzkum dřevěných konstrukcí	37

4.2.1	Nedestruktivní metody.....	37
4.2.2	Semidestruktivní metody	41
4.2.3	Destruktivní metody	47
5	stavebně technický průzkum	48
5.1	Popis objektu.....	48
5.1.1	Lokalizace objektu	48
5.1.2	Historie objektu.....	50
5.1.3	Popis konstrukcí.....	51
5.2	Návrh průzkum	53
5.3	Hodnocení aktuálního stavu svislých nosných konstrukcí	53
5.3.1	Zdivo z CPP	55
5.3.2	Hrázděná svislá nosná konstrukce objektu haly označené E	59
5.3.3	Ocelová konstrukce příhradových sloupů.....	62
5.4	Krov	65
5.4.1	Vizuální defektoskopická prohlídka vzdušných líců dřevěné konstrukce krovů.....	70
5.5	Hodnocení aktuálního stavu konstrukce krovů soustavy pěti hal.....	73
6	Statický posudek	74
6.1	Geometrický model.....	74
6.2	Zatížení	75
6.2.1	Stálé	75
6.2.2	Proměnná zatížení – Sníh	75
6.2.3	Proměnné zatížení – Vítr	75
6.2.4	Kombinace	75
6.3	Vnitřní síly	77

6.4	Posouzení plné vazby.....	78
6.4.1	Materiálové charakteristiky	78
6.4.2	Rozpěra	78
6.4.3	Vzpěra.....	80
6.4.4	Vazný trám.....	82
6.4.5	Sloupek	84
6.4.6	Poznámky ke statickému posouzení	85
7	závěr	86
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	87
	Seznam obrázků	89
	Seznam tabulek	93

ÚVOD

Spolu se snahou o hospodářský růst a pokrok, by měla souviset snaha starat se o již vybudovanou infrastrukturu. V České republice je řada významných objektů u konce své plánované životnosti a mnoho dalších objektů (například mosty) vyžadující opravu nebo modernizaci. Tyto skutečnosti vedou k potřebě stavebně technických průzkumů. Diagnostika stavebních konstrukcí se tedy stala nezastupitelnou a podle autorova názoru stále respektovanější součástí stavebního průmyslu.

Pro hodnocení existujících konstrukcí je určen mezinárodní dokument ISO 13822, v ČR zaveden pod názvem ČSN ISO 13822 – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. Přestavby a rekonstrukce musí být v souladu s dalšími v ČR platnými normami pro navrhování konstrukcí. Pouhá znalost platných norem a předpisů, nemusí být dostačující. Kvalitní provádění stavebně technického průzkumu jde ruku v ruce se zkušeností a odbornou znalostí diagnostika.

Hodnocení stavebních konstrukcí není z hlediska poznání vyčerpaný obor spolu s technologickým pokrokem a nově vznikajícími materiály a technologickými postupy, vznikají nové výzvy k naleznutí způsobu hodnocení těchto konstrukcí. Proto se i zkušený odborník musí neustále vzdělávat.

1 CÍLE PRÁCE

Samotnou práci lze rozdělit na dvě části. První část je teoretická a druhá praktická část je zaměřena na konkrétní stavebně technický průzkum, doplněný statickým výpočtem vybraných částí krovu. Teoretická část se zabývá postupem pro hodnocení existujících konstrukcí a to zejména konstrukcí zděných a dřevěných. Jsou zde popsány fyzikálně-mechanické vlastnosti těchto materiálů a možnosti diagnostiky dřevěných a zděných konstrukcí. Popis jednotlivých diagnostických metod a použitých přístrojů je popsán v teoretické části, praktická část se již nezabývá teorií, ale pouze jejich praktickou aplikací.

V následující praktické části je popsán stavebně technický průzkum vybraných nosných konstrukcí soustavy objektů pěti výrobních hal v areálu Královopolské strojírny. Uvedeny jsou výsledky vizuálně defektoskopických prohlídek a dalších aplikovaných diagnostických metod, včetně jejich hodnocení. Praktická část zahrnuje také statický posudek krovu nad vybranou halou.

2 HODNOCENÍ EXISTUJÍCÍCH KONSTRUKCÍ

Při navrhování konstrukcí se postupuje podle platných norem a předpisů českých norem ČSN, Eurokódů a ISO norem. V současné době je zde snaha o sjednocení norem na mezinárodní (evropské) úrovni, což v praxi znamená postupné zavádění Eurokódů EN a ISO norem, které jsou platné spolu s ČSN. Po skončení období společné platnosti EN a ČSN by se české normy pro navrhování konstrukcí měly rušit. Eurokódy EN určené pro navrhování nových konstrukcí neobsahují pokyny pro hodnocení existujících konstrukcí. Dříve platná norma ČSN 73 0038 je nyní nahrazena dokumentem ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. Návrhy modernizace jsou prováděny v souladu s platnou normou, nicméně znalost dřívějších norem a předpisů je přínosná - poskytuje doplňující informace.[1]

2.1 Hodnocení existujících konstrukcí podle ČSN ISO 13822 [2]

Dokument ČSN ISO 13822 poskytující obecné požadavky a postupy při hodnocení existujících konstrukcí, vychází ze zásad spolehlivosti konstrukcí.

Normu lze použít pro konstrukce navržené na základě přijatých inženýrských zásad nebo navrhovaných pravidel, a také pro konstrukce provedené na základě kvalitní řemeslné práce, dlouhodobých zkušeností a obecně platných profesionálních postupů. Je použitelná pro konstrukce z libovolných materiálů. Pro rozdílné materiály může být vyžadována specifická úprava. Národní přílohy NC-NF (informativní) jsou materiálově zaměřeny, zabývají se betonovými, ocelovými (spřaženými, litinovými) dřevěnými a zděnými konstrukcemi.

Důvody vedoucí k hodnocení konstrukce:

- Očekávaná změna v užívání nebo požadované prodloužení životnosti
- Ověření spolehlivosti požadované úřady, vlastníkem

- Degradace konstrukce v důsledku dlouhodobého působení zatížení
- Poškození konstrukce od mimořádných zatížení, například povodně, požár apod.

Vybrané termíny a definice:

- Poškození – damage: Nepříznivá změna konstrukce, která může ovlivnit její funkční způsobilost.
- Hodnocení – assessment: Soubor činností prováděných za účelem ověření spolehlivosti existující konstrukce z hlediska jejího budoucího používání.
- Degradace – deterioration: Proces, který nepříznivě ovlivňuje funkční způsobilost, včetně spolehlivosti. Degradace může být způsobena přirozenými vlivy prostředí, opakovaným zatížením, opotřebením nebo nesprávnou údržbou.
- Prohlídka – inspection: Nedestruktivní šetření v místě stavby umožňující stanovit současný stav konstrukce.
- Průzkum – investigation: Shromažďování a hodnocení informací získaných prohlídkou, přezkoumáním dokumentace, zatěžovací zkouškou a jinými zkouškami.
- Údržba – maintenance: Obvyklá opatření pro zachování odpovídající funkční způsobilosti konstrukce.
- Materiálové vlastnosti – material properties: Mechanické, fyzikální, nebo chemické vlastnosti konstrukčních materiálů.
- Monitorování – monitoring: Časté nebo souvislé, obvykle dlouhodobé pozorování či měření stavu konstrukce nebo zatížení.
- Oprava (konstrukce) – repair (of a structure): Zlepšení stavu konstrukce obnovením či nahrazením poškozených existujících prvků.
- Plán bezpečnostních opatření - safety plan: Plán určující funkční požadavky, scénáře, které se uvažují pro konstrukci a veškerá současná a budoucí opatření pro zajištění bezpečnosti konstrukce.
- Funkční způsobilost konstrukce – structural performance: Kvalitativní nebo kvantitativní vyjádření chování konstrukce (např. únosnost, tuhost) ve smyslu její

bezpečnosti a použitelnosti.

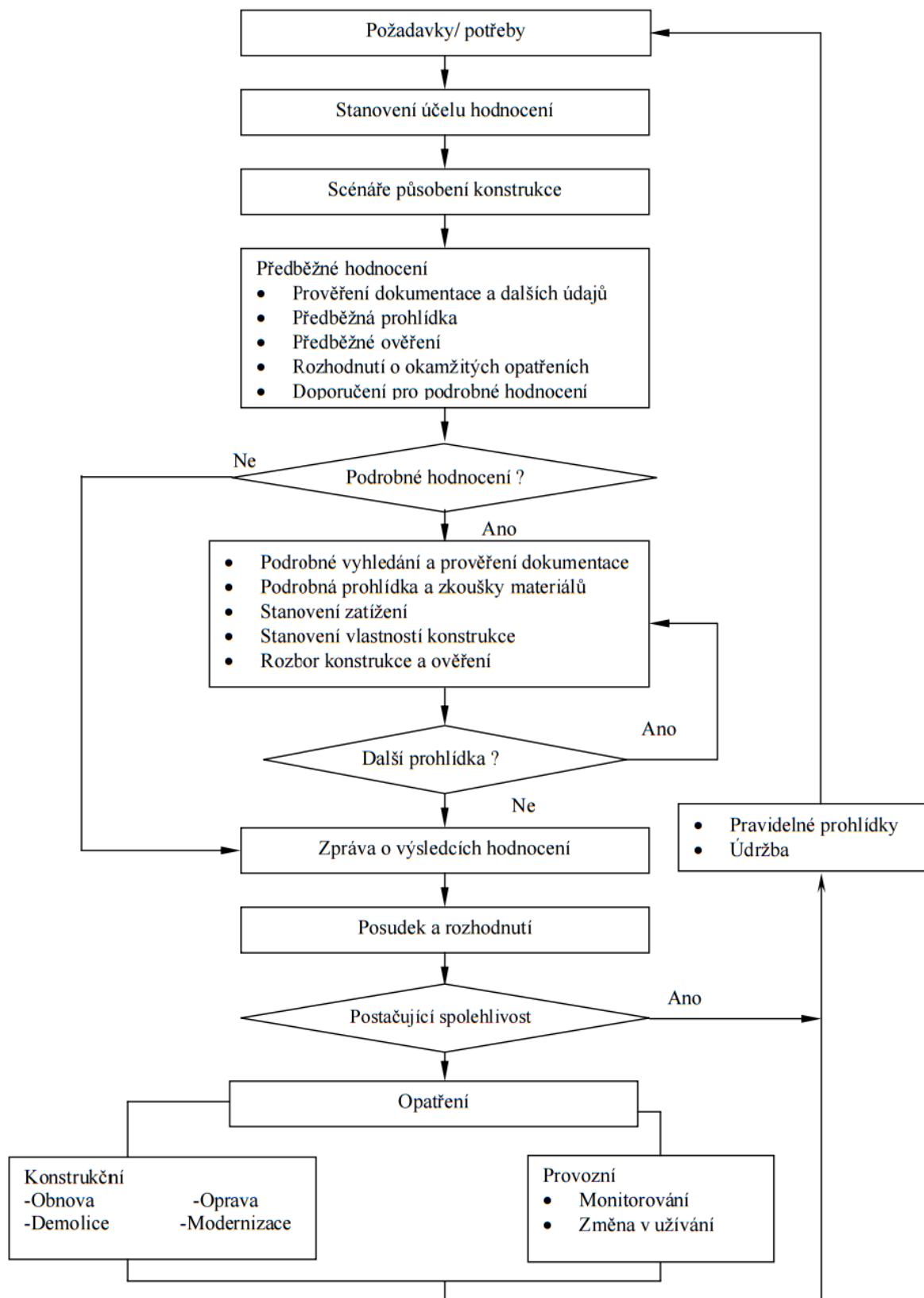
- Modernizace, rekonstrukce, přestavba – Upgrading: úpravy existující konstrukce za účelem zlepšení její funkční způsobilosti.
- Plán využití – utilization plan: Plán obsahující zamýšlený způsob využití konstrukce a popisující podmínky provozu konstrukce včetně požadavků na údržbu a odpovídajících funkčních požadavků.

Při hodnocení existujících konstrukcí jsou požadavky na bezpečnost a použitelnost v zásadě stejné jako u nových konstrukcí, z hlediska požadavků na spolehlivost je rozdílný přístup mezi existující a novou konstrukcí viz Tabulka 1.

Hledisko	Existující konstrukce	Nové konstrukce
Ekonomické	Přírůstek nákladů na zvýšení spolehlivosti je zpravidla vysoký	Přírůstek nákladů vedoucí ke zvýšení spolehlivosti je zpravidla menší
Sociální	Může být významné z důvodu omezení nebo vyloučení provozu a pro zachování kulturního dědictví	Zpravidla méně významné než u existujících konstrukcí
Udržitelnosti	Do značné míry se využijí existující stavební materiály, sníží se stavební odpady	Zpravidla se použijí nové materiály

Tabulka 1: Rozdílná hlediska při posuzování funkčních požadavků na spolehlivost konstrukcí [1]

Obecné zásady hodnocení existujících konstrukcí



Obrázek 1.1 Vývojový diagram postupu hodnocení

Obecné zásady hodnocení existujících konstrukcí:

Na základě konzultací s objednatelem (vlastník, úřad, apod.) se stanoví **účel** hodnocení existující konstrukce, s ohledem na budoucí funkční způsobilost, podle následujících úrovní:

- bezpečnost, dosažení požadované bezpečnosti pro všechny uživatele konstrukce
- trvalé zajištění udržitelných funkčních vlastností pro speciální konstrukce jako jsou nemocnice, klíčové mosty, významné objekty při mimořádných zatíženích (zemětřesení, povodeň a další předvídatelná nebezpečí)
- požadavky objednatelů na speciální funkční vlastnosti

Pro identifikaci kritických situací, se v plánu bezpečnostních opatření určí možné **scénáře** související se změnou konstrukčních podmínek nebo zatížení konstrukce. Identifikace scénářů je základem pro hodnocení a návrh opatření, které zajistí bezpečnost a použitelnost konstrukce.

Studiem dokumentace (projektová dokumentace, předchozí prohlídky, aj.) a dalších údajů získáme množství informací k zevrubnému hodnocení existující konstrukce. Je třeba ověřit správnost a aktuálnost dostupné dokumentace, případně zdokumentovat další údaje.

Účelem **předběžné prohlídky** je identifikace konstrukčního systému a pomocí vizuální prohlídky (případně jednoduchých nástrojů) získat souhrn informací o vlastnostech povrchů, viditelných deformacích, trhlinách o korozi apod. Výsledky z předběžné prohlídky jsou vyjádřeny kvalitativním zatříděním podle možného poškození - žádné, menší, mírné, závažné, destrukční, neznámé.

Účelem předběžného **ověření** je identifikace kritických nedostatků s ohledem na budoucí bezpečnost a použitelnost konstrukce. Na základě získaných výsledků rozhodujeme o nutnosti dalšího průzkumu.

Pokud předběžná prohlídka nebo předběžná ověření jasně ukazují na potenciálně nebezpečný stav konstrukce, je nutné oznámit objednateli **rozhodnutí o okamžitých opatřeních**, aby se snížilo nebezpečí s ohledem na bezpečnost veřejnosti. V případě nejistoty se kritické nedostatky okamžitě určí a provedou se nezbytná opatření.

Na základě předběžného ověření můžou být zjištěny konkrétní závady konstrukce,

případně může být shledána konstrukce spolehlivou v časovém horizontu zbytkové životnosti. Jestliže se vyskytnou nejistoty v zatíženích, v účincích zatížení nebo ve vlastnostech konstrukce, **doporučuje se provést podrobné hodnocení.**

Je-li pochybnost o shodě konstrukčních detailů, rozměrů prvků a vlastností materiálů s projektovou dokumentací, musí se tyto informace zjistit v rámci **podrobné prohlídky**. Tato prohlídka se naplánuje na základě již získaných informací. výstupem této prohlídky je souhrn aktualizovaných hodnot nebo pravděpodobnostních rozdělení příslušných parametrů, které ovlivňují vlastnosti konstrukce.

Zatížení se stanoví v souladu s platnými normami a předpisy s přihlédnutím k opatřením daným v plánu bezpečnostních opatření a plánu využití.

Vlastnosti konstrukce nebo k predikci **únosnosti** se stanovují zkouškou, nejsou-li podrobná analýza konstrukce nebo samotná prohlídka dostatečně průkazné.

Analýza konstrukce se provádí v souladu s ISO 2394. Únosnost nosných prvků se stanoví s ohledem na účinky zatížení a přihlédne se k degradaci konstrukce. V případě degradace konstrukce je podstatné porozumět příčinám pozorovaného poškození nebo nesprávného chování konstrukce.

Ověření konstrukce se provádí za účelem zabezpečení směrné úrovně spolehlivosti. Dřívější normy platné v době výstavby se mají použít jako informativní dokumenty. Alternativně lze vycházet z dřívější uspokojivé způsobilosti konstrukce.

Výsledky hodnocení musí být uvedeny ve **zprávě** – struktura zprávy je definovaná v příloze G normy.

Pokud se prokáže, že bezpečnost nebo použitelnost konstrukce je nedostatečná, pak se na základě výsledků hodnocení doporučí **konstrukční opatření** zahrnující opravy nebo modernizace v souladu s účelem hodnocení pro zbytkovou životnost.

Řízení rizik je vhodný nástroj pro konstrukční opatření, zahrnuje omezení zatížení, změnu využívání konstrukce a zavedení vhodného způsobu monitorování během provozu a kontrolního režimu.

Norma definuje hodnocení na základě dřívější uspokojivé způsobilosti

Konstrukce navržené a provedené podle dříve platných norem, nebo v odůvodněných případech, když nebyly použity normy, navržené a provedené na základě osvědčených stavebních postupů, lze považovat za **bezpečné** pro všechna zatížení kromě mimořádných za předpokladu, že:

- pečlivá prohlídka neodhalí žádné známky významného poškození, přetížení nebo degradace
- přezkoumá se konstrukční systém včetně kritických detailů a jejich ověření z hlediska přenosu napětí
- konstrukce vykazuje uspokojivé chování v průběhu dostatečně dlouhého časového období, ve kterém v důsledku užívání a účinků prostředí došlo k výskytu extrémně nepříznivých zatížení
- odhad degradace, při kterém se uváží současný stav a plánovaná údržba, nemá vliv na dostatečnou trvanlivost
- po další plánovanou životnost konstrukce nenastanou změny, které by mohly zvýšit zatížení konstrukce nebo ovlivnit trvanlivost, a žádné takové změny nejsou očekávány

Konstrukce navržené a provedené podle dříve platných norem, nebo pokud nebyly normy použity, navržené a provedené na základě osvědčených stavebních postupů, se mohou považovat za **provozuschopné** pro budoucí použití za předpokladu, že:

- pečlivá prohlídka neodhalí žádné známky významného poškození, přetížení, degradace nebo přetvoření;
- v průběhu dostatečně dlouhého časového období konstrukce vykazuje uspokojivé chování s ohledem na poškození, přetížení, degradaci, přetvoření nebo kmitání;
- nenastanou změny v konstrukci nebo ve způsobu jejího užívání, které by mohly významně změnit zatížení včetně účinků prostředí na konstrukci nebo její část;
- očekávaný proces degradace, stanovený s přihlédnutím k současnému stavu a plánované údržbě, neohrožuje trvanlivost konstrukce.

3 ZDĚNÉ KONSTRUKCE

Teoretický základ je podkladem pro diagnostiku svislých nosných konstrukcí v praktické části této práce a nemá za cíl obsáhnout celou problematiku diagnostiky zděných konstrukcí. Z toho důvodu je největší část této kapitoly věnována cihelnému zdivu a podrobněji popsán způsob hodnocení pevnosti zdiva v tlaku pomocí Schmidtova tvrdoměru a hodnocení pevnosti malty upravenou ruční “Kučerovou“ vrtačkou. Pro úplnost zde bude uveden stručný přehled dalších metod zkoušení zdiva.

3.1 Zděné konstrukce

Při diagnostice zdiva se lze setkat s řadou různých druhů konstrukcí, jedná se o stěny, sloupy, pilíře, základové konstrukce, opěrné konstrukce. V minulosti bylo zdivo často používáno k překlenutí prostoru pomocí vodorovných konstrukcí, nejčastěji formou klenby (mosty, stropy). U starých kamenných konstrukcí se využíval kamenný nosník – architráv. Mezi zděné konstrukce lze také považovat některá umělecká díla (sochy apod.).

Historie zdiva sahá tisíce let před náš letopočet. Existuje velké množství zdících prvků, kámen, keramické tvárnice a cihly apod. Při diagnostice zděných konstrukcí lze díky znalosti historie vývoje zdících prvků, získat množství cenných informací například stáří konstrukce apod.

Stručný přehled druhů zdiva:

- **hliněné zdivo**

Historicky významný typ zdiva, který je v některých oblastech stále využíván. Vystavěné je buď formou vrstvení, nahazování konstrukcí (např. na konstrukce z dřevěného proutí) nebo pomocí zděných kusových prvků (nepálené cihly u nás známé jako vepřovice, kotovice apod.)

- **kamenné zdivo**

Množství historických objektů je vystavěné z kamenného zdiva, dnes je využíváno zejména u liniových staveb, opěrných zdí, základů a pro dekorativní účely. Rozlišujeme zdivo z lomového kamene, rádkové zdivo, haklíkové, kyklopské a smíšené zdivo.

- **hrázděné zdivo [14]**

Obecně platí, že statickou nosnou funkci plní dřevěné prvky a mezery mezi nimi jsou vyplněné zdivem. Množství dřevěných prvků se mnohdy liší, a mimo statickou funkci byly dřevěné části přidávány z estetických důvodů. Pro vhodnou diagnostiku konstrukce, je nezbytné porozumět konstrukčnímu systému hrázděné konstrukce.

Příklady konstrukčních variant na území ČR:

Stavba na Chebsku:



Obrázek 1: Vysoká hustota dřevěných prvků plní mimo funkci statickou i funkci dekorativní. Prvky jsou kladeny šachovnicově a natřeny barevným nátěrem. [14]

Hrázděná stavba severozápadních Čech:



Obrázek 2: Hrázděná konstrukce patra domu. Hrázdění dřevěnými prvky je omezeno, dřevěné prvky plní statickou funkci. [14]

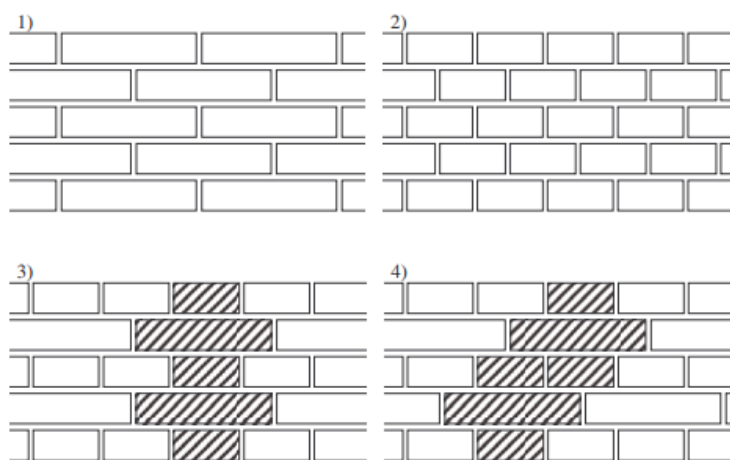
- **cihelné zdivo [3]**

Cihelné zdivo je velmi starý materiál (až 10000 let). Na konci 18. století začaly vznikat první standardy rozměrů cihly plné pálené, ustálené dnes na rozměru 290x140x65mm. V minulosti bylo používáno mnoho druhů cihel – zvonivky, duté cihly, obyčejné cihly, příčně děrované cihly a další. V čase se u stejně nazvaných cihel objevují rozdílné vlastnosti např. pevnost v tlaku cihly nazvané zvonivka se na konci 19. století pohybovala okolo 30 MPa a v 30. letech 20. stol. dosahovala již 60 MPa. Podrobněji viz tabulka 2.

Názvy cihel na konci 19. stol.		Názvy cihel v 30. letech 20. stol.	
Název	Pevnost v tlaku [MPa]	Název	Pevnost v tlaku [MPa]
Zvonivky, klinkrovky, kabřince	30 a více	Kabřince, kameninové cihly, kanálovky, zvonivky	60
Lepší zdící cihly	26	Tvrdé cihly	30
Obyčejné zdící cihly	20	Pevné cihly	15
Podélně duté cihly	17	Obyčejné cihly	7,5
Obyčejné plné cihly	10		
Příčně dírkované cihly	8		

Tabulka 2: Vztah mezi pevností v tlaku a názvy cihel na konci 19. stol, a ve 30. letech 20. stol.[3]

Důležitou vlastností rozhodující o pevnosti konstrukce jako celku je vazba zdiva (jedná se o způsob kladení zdiva). Základní schémata jsou zobrazeny vazby zdiva viz obrázek 3



Obrázek 3: vazby zdiva: 1) běhounová 2) vazáková 3) polokřížová 4) křížová [3]

3.2 Diagnostické metody

3.2.1 Vizuální prohlídka

Vizuální prohlídka je nenahraditelná metoda vyžadující zkušenost a odbornost diagnostika. Je to výchozí metoda, na základě jejímž zjištění jsou navrženy další zkušební metody a vybrána zkušební místa. Pomocí této metody může být odhaleno nesprávné fungování konstrukčního systému, statické poruchy, místa se zvýšenou vlhkostí, poruchy a vady v konstrukci.

3.2.2 Měření šířky trhlin [4]

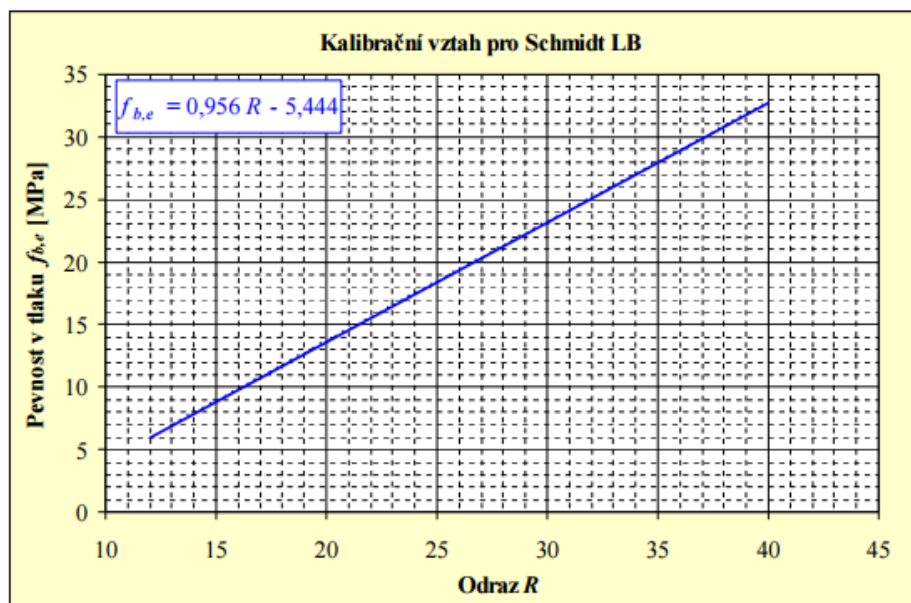
Příčiny trhlin se liší podle mechanismu poruchy konstrukce. Z toho důvodů existuje velké množství metod zkoumající šířku trhliny, tvar, hloubku, změnu deformace v čase apod. Mezi nejčastěji využívané metody patří:

- Příložný trhlínoměr – jednoduchý způsob zjištění aktuální deformace
- Sádrová destička – při dodržení zásad použití destičky, lze pozorovat změnu deformace v čase (objemové změny, poruchy apod.)
- Tenzometr – rozlišujeme tenzometry mechanické, strunové a elektrické (odporové)
- Hollanův defometr
- Endoskopie - zjišťování tvaru a průběhu trhlin

3.2.3 Tvrdoměrné metody [3]

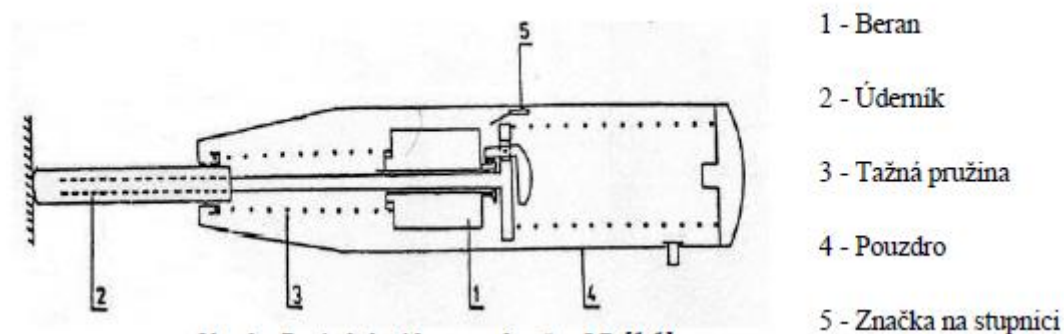
K zjištění pevnosti v tlaku zdících prvků v konstrukci se využívají nedestruktivní tvrdoměrné metody. Tyto metody jsou modifikací tvrdoměrných metod pro zkoušení betonu uvedených v ČSN 73 1373. Pro zkoušení cihel se využívá metody **Waitzmannova tvrdoměru** a **Schmidtova tvrdoměru** odrazového.

Tvrdoměr **Schmidt LB** pro zkoušení cihelných zdících prvků byl vyvinut z odrazových tvrdoměrů typu Schmidt. Od tvrdoměru typu L se liší pouze menším poloměrem kulové plochy razníku. Pro nové a staré cihly bylo vytvořeno několik kalibračních vztahů dle pracovišť zabývajících se touto problematikou.



Obrázek 4: Kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku starých plných pálených cihel z hodnoty odrazu měřené tvrdoměrem Schmidt LB. [3]

Měření probíhá tak, že na obroušeném povrchu cihly se provede minimálně 5, lépe 8-10 měření odrazu. Hodnota jednotlivých měření na jednom zkušebním místě se nesmí lišit o $\pm 20\%$ průměrné aritmetické hodnoty odrazu. Hodnoty, které překročí tyto meze, se vyloučí a ze zbývajících platných měření se spočítá nový aritmetický průměr. Minimální počet platných měření je 5.



Obrázek 5: Tvrdoměr Schmidt LB pro zkoušení cihelného zdiva. [3]

3.2.4 Jádrové vývrty

Kromě zjištění pevnosti v tlaku zdících prvků a upřesnění tvrdoměrných zkoušek, mohou sloužit jádrové vývrty k zjištění skladby konstrukcí. To umožňuje zjistit reálnou skladbu jinak nedostupné konstrukce (opěrné stěny, velmi silné nosné stěny, klenby) do hloubky až 1 m.

Pevnost v tlaku na vzorcích odebraných z konstrukce [3]

Pevnost v tlaku určujeme podle ČSN EN 772-1. Určíme ji jako průměrnou pevnost v tlaku. Počet vzorků se liší podle velikosti konstrukce.

Při návrhu uvažujeme normalizovanou pevnost v tlaku f_b . Normalizovaná pevnost se získá přepočtem na pevnost ve stavu přirozené vlhkosti $6\pm 2\%$ (pokud již nebyla v tomto stavu zjišťována). Poté se vynásobí součinitelem vlivu výšky a šířky zdících prvků δ podle tab. 2. Rozměr normalizovaného tělesa je 100x100 mm.

Výška zdícího prvku (mm)	Nejmenší vodorovný rozměr zdícího prvku (mm)				
	50	100	150	200	250 nebo větší
50	0,85	0,75	0,70	0,70	-
65	0,95	0,85	0,75	0,75	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,90	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,10	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,25	1,10
250 nebo větší	1,55	1,45	1,35	1,35	1,15
Poznámka: Lineární interpolace je povolena.					

Tabulka 3: Součinitel vlivu výšky a šířky zdících prvků δ . [3]

Tento přepočet použijeme i v případě stanovení pevnosti v tlaku zdících prvků nedestruktivní metodou zkoušení tvrdoměrem Schmidt LB, jelikož kalibrační vztahy byly vytvořeny pro celé CPP.

3.2.5 Stanovení pevnosti v tlaku malty[3]

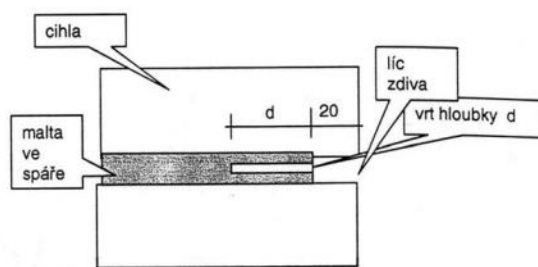
Metody pro zjišťování pevnosti malty jsou buď nedestruktivní tvrdoměrné zkoušky, kdy se na základě vhodných kalibračních vztahů stanoví pevnost v tlaku, chemický rozbor, kdy se zkoumá obsah pojiva. Semidestruktivní zkoušky prováděné upravenými vrtačkami na základě kalibračních vztahů.



Obrázek 6: Ruční Kučerova vrtačka a elektrická vrtačka PZZ 01. [18]

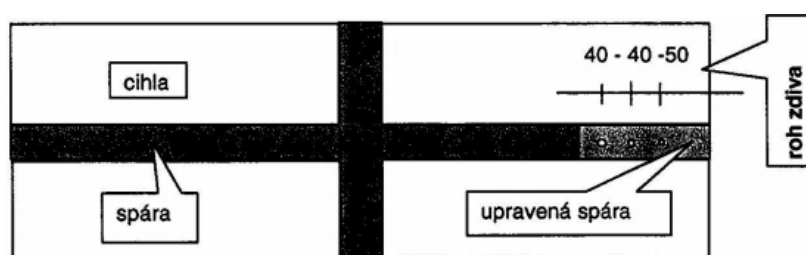
Pro zkoušení malty ve spárách byla vyvinuta ruční vrtačka, tzv. **Kučerova vrtačka**. Statisticky významný vztah mezi odporem malty proti vnikání vrtáku a pevností nám umožní vytvářet kalibrační vztahy. Vrtačka využívá příklep, počítadlo otáček a tlačnou pružinu, která nám umožní dodržet předepsaný přítlak. Mírou odporu je hloubka vrtu vrtákem o průměru 8mm do zdiva. Použití ruční vrtačky je značně fyzicky náročné, proto byly vyvinuty **elektrické vrtačky PZZ 01**, jejichž výhodou je užší vrták o šířce 6 mm, což rozšířilo použitelnost z hlediska tloušťky spár.

Jako zkušební místo volíme tlačené části konstrukce. Z omítnutého zdiva nutno odstranit omítku v požadovaném rozsahu, dále je potřeba vyškrábat 20 mm malty za líc zdiva z důvodu odstranění zkarbonatované omítky.



Obrázek 7: Schéma umístění vrtu ve spáře zdiva. [3]

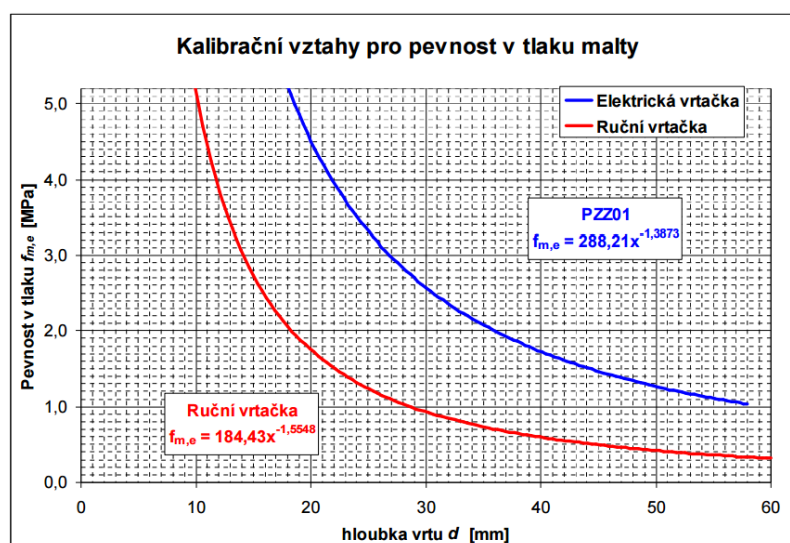
Provádíme tři vrty po vzdálenosti cca 40 mm a minimálně 50 mm od hrany zdiva



Obrázek 8: Schéma rozmístění vrtů ve spáře. [3]

Hloubkoměrem změříme hloubku vrtu d , jednotlivý vrt se nesmí lišit od aritmetického průměru všech tří vrtů o více než 30%.

Nevyhoví-li dva vrty, zkušební místo se vyloučí. Nevyhoví-li pouze jeden vrt tak se nahradí. V případě že kritérium stále není splněno, zkušební místo se vyloučí.



Obrázek 9: Obecné kalibrační vztahy pro pevnost v tlaku malty ve spáře zdiva z hloubky vrtu zjištěného ruční a elektrickou vrtačkou. [18]

3.2.6 Další metody

- Ploché lisy – slouží k zjištění lokální napjatosti v konstrukci
- Indentor – patří mezi vnikací metody, vhodný při malé tloušťce spár
- Ultrazvuk – jedná se o nedestructivní metodu, s širokým spektrem využití
- Spektrometr – zkoumá prvkové chemické složení látky

V diagnostice zděných konstrukcí se využívají i další metody, které mohou mít nezastupitelné místo. Zvolení vhodné metody záleží na zkušenostech odborníka. Je dobré zmínit, že diagnostika stavebních konstrukcí není z hlediska poznání vyčerpaný obor. Zároveň s technologickým pokrokem vznikají i nové metody, se kterými by se měl zodpovědný odborník v oboru neustále seznamovat.

3.3 Stanovení pevnosti v tlaku zdících prvků

3.3.1 Charakteristická pevnost zdiva v tlaku [3]

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku f_k se dle ČSN ISO 13822 [2] určí z pevností zdících prvků a malty podle vztahu: $f_k = K f_b^\alpha * f_m^\beta$

- f_k je charakteristická pevnost zdiva v tlaku N/mm² pro zdivo s vyplněnými ložnými spárami.
- K je konstanta závislá na druhu zdiva a skupině zdících prvků, zařazení těchto prvků do skupin závisí na geometrických charakteristikách těchto prvků viz. Tab.4. Pro nejčastější uspořádání zdících prvků z plných cihel klasického formátu průměrné pevnosti, obyčejné malty a při střídání běhounů a vazáků ve vazbě se uvažuje konstanta $K=0,55$.

Zdicí prvky		Obyčejná malta	Malta pro tenké spáry (tloušťka spáry od 0,5 mm do 3 mm)	Lehká malta (objemové hmotnosti)	
				$600 \leq \rho_d \leq 800 \text{ kg/m}^3$	$800 < \rho_d \leq 1500 \text{ kg/m}^3$
Pálené	Skupina 1	0,55	0,75	0,30	0,40
	Skupina 2	0,45	0,70	0,25	0,30
	Skupina 3	0,35	0,50	0,20	0,25
	Skupina 4	0,35	0,35	0,20	0,25

Tabulka 4: Hodnoty konstanty K. [6]

- f_b je normalizovaná průměrná pevnost v tlaku zdících prvků v N/mm²
- f_m je průměrná pevnost malty v tlaku v N/mm², uvažuje se nejvýše menší z hodnot $2f_b$ nebo 20 MPa. U zdiva s lehkou maltou a u zdiva s tenkými spárami se ověřuje, zda malta odpovídá minimální pevnostní třídě 5 MPa.
- α je exponent závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty, $\alpha = 0,65$ pro nevyztužené zdivo s obyčejnou nebo lehkou maltou, $\alpha = 0,85$ pro nevyztužené

zdivo s maltou pro tenké spáry.

- β je exponent závislý na druhu malty, $\beta = 0,25$ pro obyčejnou maltu, $\beta = 0,00$ pro lehkou maltu a maltu pro tenké spáry.

3.3.2 Návrhová pevnost zdiva v tlaku [3]

Návrhová pevnost zdiva v tlaku f_d se vypočítá podle ČSN ISO 13822 jako podíl f_k a γ_m .

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

$$\gamma_m = \gamma_{m1} * \gamma_{m2} * \gamma_{m3} * \gamma_{m4}$$

γ_m je dílčí součinitel zdiva, k výpočtu je třeba zohlednit:

- **Pravidelnost vazby zdiva**

γ_{m1} základní hodnota dílčího součinitele spolehlivosti, zdivo z plných cihel na obyčejnou maltu = 2,0

- **Vyplnění spár maltou**

γ_{m2} součinitel zahrnující vliv pravidelnosti vazby zdiva a vyplnění spár maltou

$0,85 < \gamma_{m2} < 1,2$ (dolní mez je pro dokonalou vazbu a bezvadné vyplnění spár).

- **Zvýšená vlhkost zdiva**

γ_{m3} součinitel vlivu zvýšené vlhkosti pro vlhkost 4% - 20% interpolujeme

$$1,0 < \gamma_{m3} < 1,25$$

- **svislé a šikmé trhliny ve zdivu**

γ_{m4} součinitel zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu v intervalu

$$1,0 < \gamma_{m4} < 1,4 \text{ (dolní mez pro zdivo bez trhlin)}$$

4 DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE

Dřevo je jeden z nejčastěji používaných přírodních materiálů. Ve stavebnictví využíván buď v “přírodní” formě jako rostlé dřevo opracované na pilách nebo materiály na bázi dřeva. Na trhu je velké množství materiálů na bázi dřeva, jedná se jak o materiály ve stavebnictví dlouhodobě používané a známé jako jsou OSB desky, překližky, lepené lamelové dřevo aj. až po materiály progresivní a nově vznikající jako dřevo-plastové desky, moderní sendvičové panely apod.

Moderní dřevoobráběcí CNC centra jsou schopna v relativně krátké době vyrobit velké množství velice přesných stavebních dílců, které umožňují rychlou a snadnou montáž, díky přesným detailům a moderním spojovacím prostředkům. V historii představovalo dřevo nenahraditelný stavební materiál. Provedení detailů dřevěných konstrukcí, například tesařských spojů, bylo prováděno s takovou precizností, že by tyto spoje plně odpovídaly současným požadavkům na únosnos. Nalézt ovšem řemeslníka, který by ovládal toto tradiční řemeslo je stále obtížnější. Při správné údržbě má dřevo velice dlouhou životnost. Některé dřevěné konstrukce jsou stovky let staré.

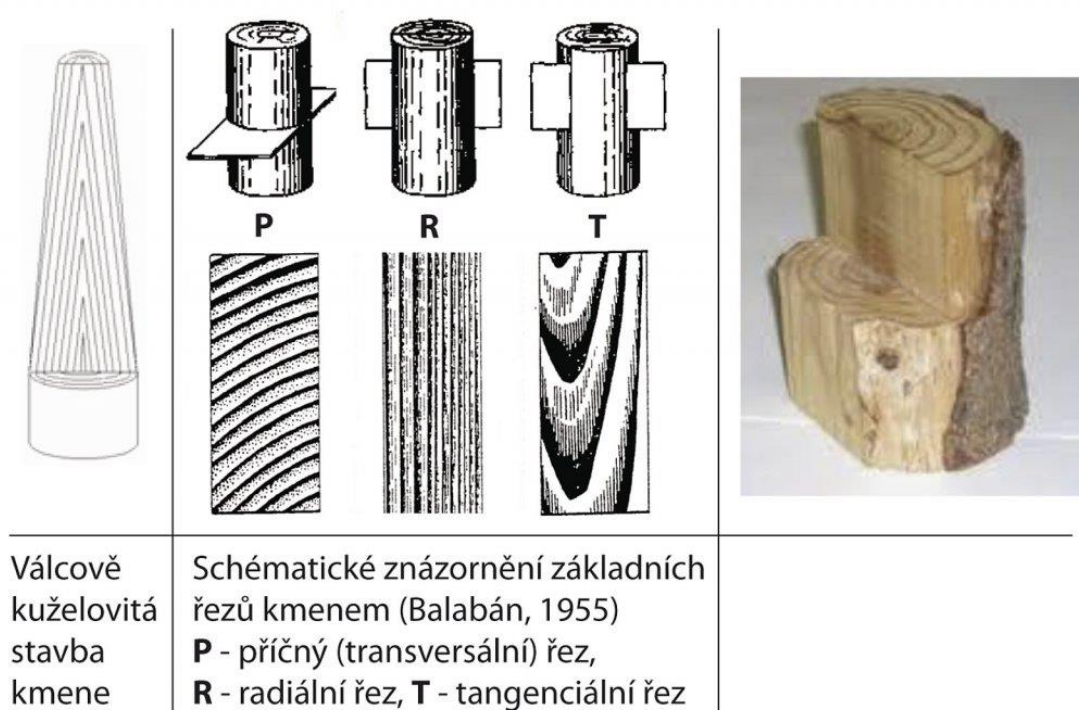
V diagnostice dřevěných konstrukcí se lze tedy setkat i s velmi starými konstrukcemi, které nebyly projektovány na základě norem a výpočtů, ale na základě zkušeností tehdejších stavitelů a řemeslníků. Diagnostik stavebních konstrukcí by měl mít mnoho letou zkušenost. U diagnostiky dřevěných konstrukcí je tato zkušenost téměř nezbytná. Dalším předpokladem pro kvalitní diagnostiku je dobrá znalost mechanicko-fyzikálních vlastností dřeva, základní znalost biologie (k objevení škůdců a rizikových druh hub) a v neposlední řadě znalost statických principů diagnostikované konstrukce.[5]

V této kapitole jsou uvedeny nejdůležitější mechanicko-fyzikální vlastnosti dřeva a možnosti diagnostiky dřevěných konstrukcí.

4.1 Mechanicko-fyzikální vlastnosti dřeva

Dřevo je nehomogenní, anizotropní (v různých směrech rozdílné vlastnosti) a hygroskopický materiál. Materiály na bázi dřeva dokáží tyto vlastnosti pozměnit, k širšímu využití materiálu. Při vhodném návrhu, realizaci a údržbě je rostlé dřevo velmi trvanlivý a únosný materiál.

Anizotropie znamená, že má dřevo v různých směrech rozdílné vlastnosti v souvislosti s rostlým dřevem rozlišujeme tyto základní směry: axiální (ve směru vláken), radiální (kolmo vlákna) a tangenciální (kolmo na vlákna) viz schéma.[6]



Obrázek 10: Řezy dřevem. [6]

4.1.1 Druhy dřevin [7]

Zastoupení dřevin v lesních porostech ČR je přibližně 3/4 jehličnatých (z toho 52,1% smrk) a 1/4 listnatých dřevin.

- jehličnaté dřeviny

Jedná se o takzvané měkké dřeviny. Doba růstu je cca 80-100 let. Ve stavebnictví se používá smrk, borovice, jedle a modřín (dekorativní účely).

Nejčastěji používanou dřevinou je **smrk**. Světlá barva dřeva je bílá nebo nažloutlá. Je dobře zpracovatelné, lehké ($470 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ při $w=15\%$) a trvanlivé (při vyšší vlhkosti velmi rychle hnije). Používá se jako konstrukční dřevo pro širokou škálu konstrukcí, které nejsou vystaveny vlhkému prostředí.

Jedlové dřevo má oproti smrkovému pravidelnější strukturu, je ale hůře zpracovatelné a méně trvanlivé. Barva je šedobílá. Poměrně hodně sesychá, což se může projevit vypadáváním suků. Využitelnost je podobná jako u smrkového dřeva.

Dřevo z **borovice** je poměrně sukovité. Barva je načervenalá. Má vysoký obsah pryskyřice, což se příznivě projevuje ve vyšší odolnosti proti vlhkosti. Borové dřevo je tedy vhodné do prostředí kde se střídá vlhko a sucho. Není vhodné pro konstrukce namáhané ohybem. Využití si tedy našlo ve stavebním tesařství.

Modřín má polotvrdé dřevo barvy světle žluté (stářím červená, hnědně a tmavne). Má poměrně dobré konstrukční vlastnosti, ale je vzácné, tedy ekonomicky nevýhodné. Používá se spíše jako dekorativní dřevina.

- listnaté dřeviny

Listnaté dřeviny rozlišujeme na měkké bělové (lípa, osika, olše a kaštan) nebo měkké jádrové (topol, vrba) a dřeviny tvrdé bělové (buk, habr, javor a břiza) nebo tvrdé jádrové (dub, jasan, jilm, akát a ovocné dřeviny). Rostou 120-150 let. Ze skupiny listnatých dřevin se ve stavebnictví nejvíce využívá dřevo bukové a dubové.

Dubové dřevo je tvrdé, pevné, těžké ($690 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ při $w=15\%$) a houževnaté. Díky velké pevnosti v tlaku i tahu je vhodné pro výrobu detailů s většími nároky na únosnost jako jsou kolíky, hmoždíky a klíny. Dub je velmi trvanlivý 500-700 let. Ve stavebnictví má širokou využitelnost pro náročné konstrukce, pro svoji výbornou trvanlivost ve vodě se používá ve vodním stavitelství.

Bukové dřevo má horší konstrukční vlastnosti oproti dubovému je měkkší a není tak houževnaté. Odolnost proti vlhkosti je nízká. Využívá se na výrobu dýh a překližek.

4.1.2 Fyzikální vlastnosti [7]

Zkoumaných a popsanych fyzikálních vlastností dřeva je velké množství. V diagnostickém průzkumu jsou nejdůležitější a v rámci stavebně technického průzkumu jsou nejčastěji zkoumané vlastnostmi objemová hmotnost a vlhkost. Další fyzikální vlastnosti: tepelná vodivost, teplotní roztažnost, hořlavost, elektrické a akustické vlastnosti, jsou v stavebně technickém průzkumu zkoumané spíše výjimečně.

- Objemová hmotnost [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

Objemová hmotnost významně ovlivňuje mechanické vlastnosti. V rámci stavebně technického průzkumu často zjišťovanou vlastnost dřeva. Obecně lze tvrdit, že se zvyšující se objemovou hmotností se mechanické vlastnosti zlepšují.

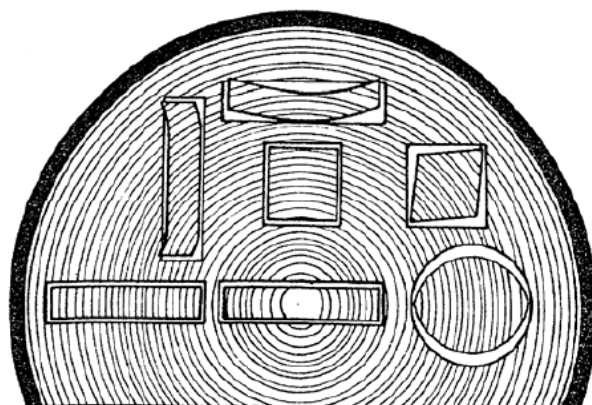
dřevina	při vlhkosti $w=15\%$	při vlhkosti $w=0\%$	syrové dřevo
smrk	470	430	800
jedle	450	410	880
borovice	520	490	800
dub	690	650	1030
buk	720	680	1040

Tabulka 5: Objemová hmotnost dřeva. [7]

- Vlhkost

Poměr vody k hmotnosti sušiny dřevní hmoty. Rozlišujeme vodu hygroskopicky vázanou a volnou. Hranicí je cca 30% vlhkost. Po tuto hranici se voda vyskytuje v podobě hygroskopicky vázané (obsažené ve stěnách buněk). Vlhkost 30% se nazývá bodem nasycení vláken a odpovídá stavu, kdy jsou všechny buněčné stěny nasycené vodou.

Při změně vlhkosti (vlhnutí a sesychání) pod 30% dochází k bobtnání a vysychání dřeva. Významně se zde projeví anizotropie dřeva viz obrázek 12. V praxi uvažujeme změnu v tangenciálním směru 10%, pro radiální směr uvažujeme 5% a v podélném směru 0%.



Obrázek 11: Změna objemu průřezu průřezů pocházející z různých částí kmene. [7]

4.1.3 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti jsou pevnostní a pružnostní vlastnosti. Jedná se o pevnost v tlaku, tahu, smyku a ohybu, moduly pružnosti, houževnatost, štípatelnost a logaritmický dekrement tlumení. Vlastnosti se zkouší na vzorcích ČSN 490110 – ČSN 49124. Dále se zkouší tvrdost dřeva viz kapitola semidestruktivní metody zkoušení dřeva.

Vlastnost dřeva		Dřevina				
		smrk	jedle	borovice	dub	buk
Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	w=15%	470	450	520	690	720
	w=0%	430	410	490	650	680
	syrové dřevo	800	880	800	1030	1040
Pevnost v tlaku [MPa]	přir. vlhké	50	47	55	65	62
	syrové dřevo	23	-	25	38	29
Pevnost v tahu [MPa]	podél vláken	90	84	104	90	135
	kolmo na vlákna	2,7	2,3	3,0	4,0	7,0
Pevnost v ohybu [MPa]		78	73	100	110	123
Pevnost ve smyku [MPa]		6,7	5,0	10,0	11,0	12,0
Tvrdost dle Janky	podél vláken	270	340	300	690	780
	kolmo na vlákna	160	180	250	150	-
Modul pružnost v ohybu [GPa]		11	11	12	13	16

Tabulka 6: Základní fyzikálně mechanické vlastnosti dřeva. [7]

Mechanické vlastnosti jsou ovlivněny více faktory [7]

- **vlhkost** - do meze nasycení vláken (30%). Výšší vlhkost již nemá podstatný vliv
- **konstrukční rozměr** - zvětšuje-li se prvek rostlého dřeva dochází ke snižování mechanických vlastností
- **vady dřeva**
- **zatížení** - se zvyšováním rychlosti zatěžování pevnost dřeva stoupá, s prodlužováním doby zatížení pevnost klesá až na 60% krátkodobé pevnosti

4.2 Stavebně technický průzkum dřevěných konstrukcí

4.2.1 Nedestruktivní metody

Vizuální defektoskopie

Vizuálním hodnocením získáváme informace o vlastnostech materiálů, technologických postupech a přibližném stáří konstrukce. Vizuální hodnocení patří mezi takzvané smyslové metody.

Vizuální hodnocení umožňuje odhalit viditelné poškození dřeva. Podle Reinprechta [9] lze zjistit:

- poškození dřeva dřevokaznými houbami, indikátory jsou hniloby, plodnice a kapky vody
- napadení dřeva drevo-zbarvujícími houbami a plísněmi, indikátory jsou plísně, skvrny, změna barvy
- poškození dřeva dřevokazným hmyzem, indikátory jsou výletové otvory, vypadávající drť z požerků výletovými otvory nebo trhlínami
- trhliny ve dřevu
- deformace dřevěných prvků nebo konstrukčních celků
- uvolnění nebo poškození konstrukčních spojů
- zvýšenou vlhkost dřeva

Vizuální hodnocení je vždy subjektivní, z velké části založené na hodnocení diagnostika: Slouží k identifikaci kritických míst a k zjištění mechanismů poruchy. Na základě vizuální prohlídky, jsou navrženy další diagnostické práce.

Dalšími smyslovými metody jsou čichová metoda, hmatová metoda a akustická trasovací metoda. Výsledky těchto metod se nedají číselně interpretovat, ale v rámci průzkumu mají své využití. Záleží na zkušenostech diagnostika nakolik poslouží k identifikaci poruch dřeva.

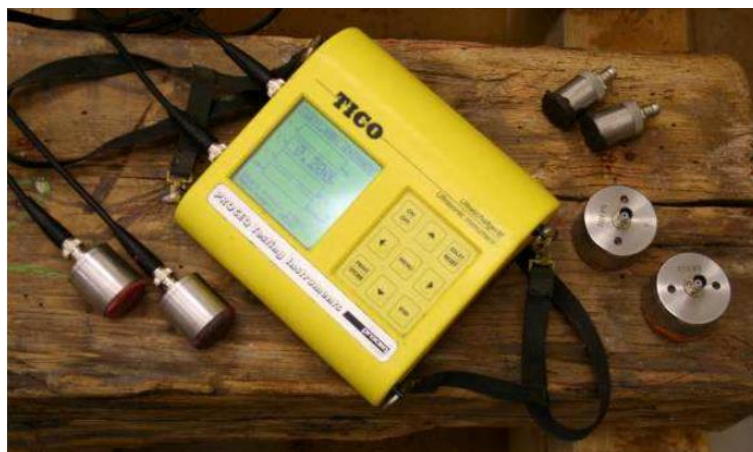
Endoskopie

Omezením vizuálního hodnocení je fyzický přístup k prvkům. V případě kdy je hodnocený prvek zabudovaný do konstrukce, jako například trám stropní konstrukce, lze

použít endoskop nebo videoskop. Pomocí endoskopu lze hodnotit biotické poškození dřeva, vývojové stádium hub, mechanické poškození, nebo objevit požerky trusu. Moderní endoskopy umožňují odběr vzorků, které lze následně použít pro odhalení přesného druhu hmyzu, či mykologické zkoumání.

Měření rychlosti šíření ultrazvukových vln [10]

Měření rychlosti šíření ultrazvukových vln je často používaná metoda k vyšetřování stavu konstrukcí. Tato nedestruktivní metoda poskytuje okamžité výsledky informující o stavu zkoumaného prvku. Podle typu přístroje a použitých sond se pracuje s frekvencemi od 20 kHz do 500 kHz. Mezi nejpoužívanější ultrazvukové přístroje patří Arborsonic Decay Detector, Sylvatest, Pundit a Tico.



Obrázek 12: Ultrazvukový přístroj TICO.

Měření probíhá pomocí dvou sond, jedna z nich je budič ultrazvukového signálu, druhá snímač. Rychlost šíření vlny je závislá na vlastnostech dřeva, hustoty apod. a na anomáliích v růstu jako jsou suky, praskliny a námi hledaná poškození. Nejvhodnější postup je měření rychlosti šíření vln podél vláken, tím získáme i odhad vlastností celého prvku. Při průzkumech konstrukcí in-situ je ale většinou nemožné provést měření tímto způsobem. Pro získání výsledků podél vláken přikládáme sondy na jednu stranu prvku, teoretický průběh vlny je potom po oblouku a ne po přímce. Další možností je měřit rychlost prostupu napříč vlákny, v tom případě přikládáme sondy z obou protilehlých stran prvku. Tento způsob měření je přesnější, vyžaduje však přístup na obě protilehlé strany prvku. Měření je třeba provádět na více místech, čímž získáme představu o lokálních poruchách. Metoda je vhodná spíše pro prvky menších rozměrů. Možnosti

detekování poškozených míst závisí na vlnové délce. Vady s rozměrem menším než polovina vlnové délky nemohou již zpravidla být detekovány pomocí ultrazvuku. Proto je pro detekci poškození v podobě drobných dutých míst a vad v materiálu vhodnější ultrazvuk s vyšší frekvencí a menší vlnovou délkou.

Radiační diagnostické metody

Radiační diagnostické metody jsou zcela nedestruktivní metody poskytující cenné informace zejména při diagnostice historických konstrukcí. Nevýhodou je nezbytnost bezpečnostních opatření, z důvodu práce s ionizujícím zářením.

Radiometrie

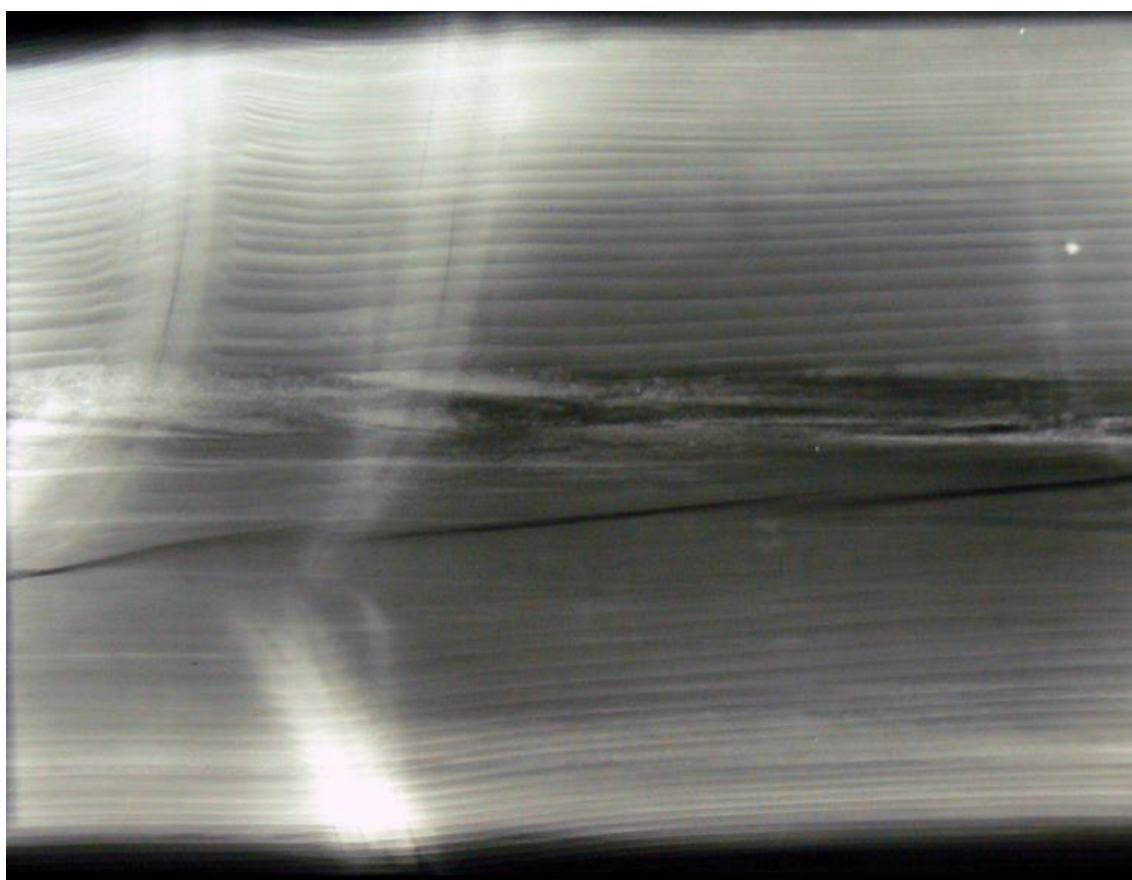
Radiometrie je diagnostická metoda měření objemové hmotnosti a vlhkosti materiálu. Používá se v případech, kdy jsou klasické metody (měření objemu a vážení) technicky neproveditelná nebo zdlouhavá. Velmi přesné určení objemové hmotnosti je založeno na principu průchodu a rozptylu záření gama, případně na rozptylu záření gama v měřeném materiálu. Zdrojem záření gama je radioaktivní zářič, vhodný je například Cesium Cs 137. Detektory záření jsou buď Geiger – Möllerovy počítače částic nebo scintilační detektory, které jsou spojeny s vyhodnocovací jednotkou. Výsledkem měření je četnost impulsů za časovou jednotku, kterou je třeba pomocí kalibrační křivky převést na objemovou hmotnost. Zdroj záření a detektor záření se umístí na protilehlých stranách měřeného materiálu. Záření je průchodem materiálu zeslabováno v závislosti na známé tloušťce materiálu a jeho objemová hmotnosti. Výsledkem měření je průměrná objemová hmotnost materiálu mezi zdrojem záření a detektorem. [10]

Metoda rozptylu záření gama

Metoda spočívá v umístění zdroje záření a detektoru na stejné straně zkoumaného prvku a oddělení zdroje záření a detektoru stínící vrstvou materiálu s velkou hustotou, například olovem. Gama detektor zaznamenává záření, které bylo v materiálu rozptýleno převážně tzv. Comptonovým efektem. Přesnost naměřených objemových změn se zmenšuje se vzrůstající vzdáleností od detekční jednotky. [10]

Radiografie

Metoda nám umožňuje zobrazit vnitřní nehomogenity v materiálech a prvcích konstrukcí zcela nedestruktivním způsobem. Radiografická metoda je založena na specifických vlastnostech rentgenového záření a záření gama, které je rozptylováno a absorbováno prostředím, kterým prochází. Míra zeslabení záření při stejné energii záření je závislá na prozařované tloušťce a na objemové hmotnosti materiálu. Míry zeslabení záření se zaznamená na radiografický film, který po vyvolání zobrazuje strukturu prozařovaného prvku. Jako zdroj záření je vhodné použít některý z technických rentgenů. Pro detekci lze využít opakovaně použitelné záznamové fólie na místo radiografických filmů. [3] [10]



Obrázek 13: Radiogram masivního jedlového trámu v konstrukci krovů historického objektu. Dobře je patrna struktura dřeva, suky, trhliny ve středu rozvinutá středová hniloba, z povrchu trámu neviditelná. [10]

4.2.2 Semidestruktivní metody

Většina zde uvedených metod je založena na nepřímém zjišťování hustoty pomocí odporových metod, které dobře reagují na změny ve struktuře materiálu.

Odporové zarážení trnu [13]

Nejčastěji používaný přístroj je pilodyn, je to mechanické zařízení umožňující změřit hloubku průniku trnu do povrchu zkoušeného dřevěného prvku. Po dynamickém nárazu kalibrovaného materiálu, je změřena hloubka průniku trnu. Maximální hloubka je 40mm. Poškození je zanedbatelné, je ovšem viditelné na pohledovém vzdušném líci konstrukce, zejména kvůli nutnosti provádět více měření.



Obrázek 14: přístroj PILODYN. [16]

Testování je průkaznější v radiálním směru. Při odklonu od radiálního směru menším než 30° je variabilita měření do 10%. V případě použití pilodynu v tangenciálním směru dochází k zarážení hrotu do jedné části letokruhu, což vede ke zkreslení výsledků.

- **vztah doc. Kuklíka pro výpočet hustoty dřeva**

$$\rho_{12} = 0,727987 - 0,027102 * t_p * [1 - 0,007 * (w - 12)]$$

ρ_{12} ... hustota dřeva při vlhkosti 12% [kg/m³]

t_p ... hloubka zarážení trnu do dřeva o známé vlhkosti [mm]

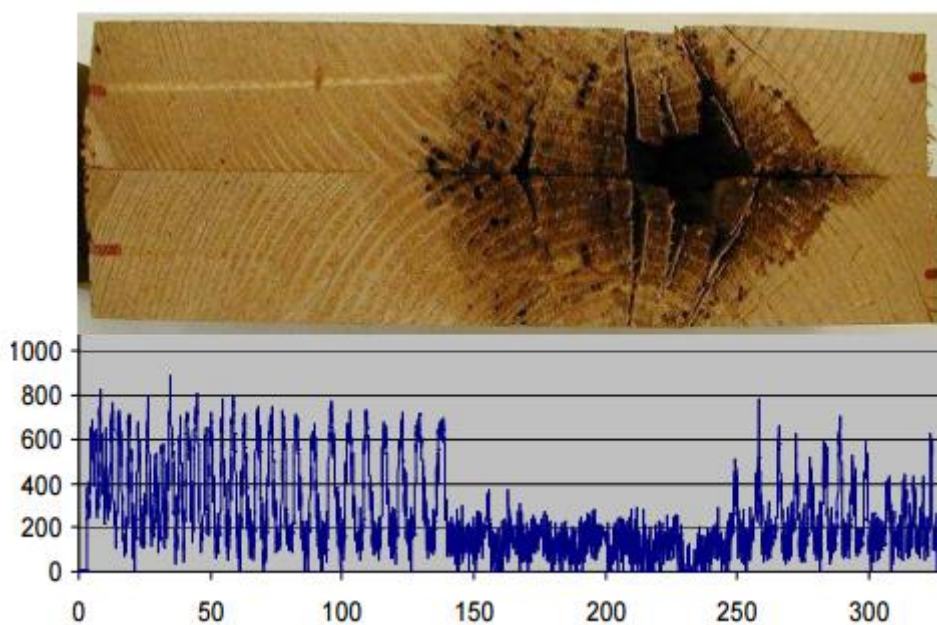
w ... vlhkost dřeva v době měření [%]

Ze známé vlhkosti a z naměřených údajů o hloubce zarážení trnu, lze vypočítat

hustotu dřeva. Mezi pevností dřeva v ohybu a hustotou dřeva existuje statistická závislost. Pomocí odvozených regresních vztahů lze z hustoty zjistit pevnost v ohybu a modul pružnosti zkoumaného dřeva.

Odporové mikrovrtání [10]

Pozvolné pronikání materiálem poskytne oproti odporovému zarážení trnu přehled o vnitřní struktuře. Lze použít například přístroj Resistograph 2450 – S s průměrem vrtáku 1,5-3,0 mm s digitálním výstupem. Poměrně velký přístroj s hmotností přibližně 3 kg má dva elektrické motory zajišťující konstantní posun (30 cm/min) a neměnné otáčky (6000 ot/min) vrtáku. Vřeteno vrtáku je stabilizováno uvnitř vrtacího zařízení speciálním teleskopem. Výstupem je profil spotřeby energie, zahrnující eliminaci spotřeby energie vrtáku v hlubších vrstvách. Vrcholy grafického záznamu odpovídají vyšším odporům potažmo hustotě dřeva.



Obrázek 15: Grafický záznam naznačující snížení odporu dřeva vlivem hniloby. [10]

Optimální je vrtání v radiálním směru, aby bylo zaručeno střídání jarního a letního dřeva v letokruhu. Vrtání poskytuje dobrou informaci ohledně lokálního stavu zkoušeného materiálu. Nevýhodou může být časově náročné vrtání, pro diagnostiku rozsáhlejších konstrukcí je dobré tuto metodu kombinovat s některou z nedestruktivních metod. Odporové vrtání, ostatně jako většina nedestruktivních a semi-destruktivních

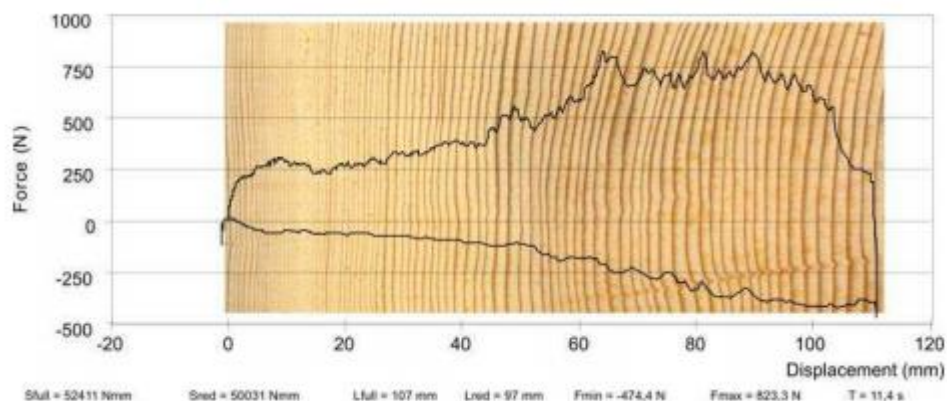
metod, je závislé na vlhkosti dřeva.

Odporové zatlačování trnu

Ve spolupráci Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AVČR a Ústavu Nauky o dřevě Mendelovy univerzity v Brně byl vyvinut přístroj umožňující in situ stanovení mechanického odporu k pozvolnému vnikání tělesa a to do hloubky odpovídající rozměrům běžných dřevěných konstrukčních prvků, využitelný pro následné nepřímé stanovení hustoty a mechanických vlastností dřeva. [10]



Obrázek 16: Přístroj byl navržen a testován pro hodnocení rostlého zabudovaného dřeva, zdravého nebo v různém stupni degradace. [10]



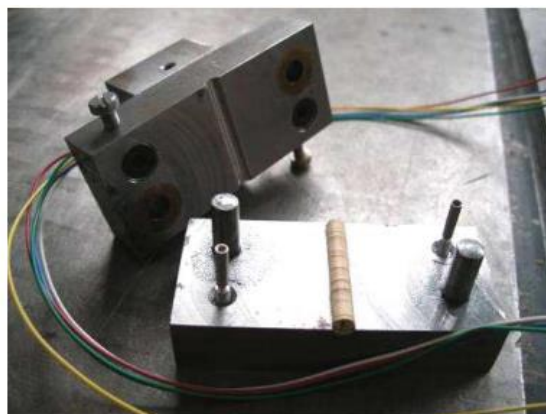
Obrázek 17: Záznam průběhu síly a posunutí při průniku trnu do dřeva borovic. [10]

Vytahování vrutu

Princip metody spočívá ve vytažení standardního vrutu průměru 4 mm zašroubovaného do hloubky 18 mm. Přístroje určené pro vytahování vrutu vyrábí například firma Fakopp. [10]

Zkoušení radiálních vývrtů [10]

Z konstrukce jsou odebrány vzorky válcovitého tvaru, na kterých je následně speciálním zatěžovacím zařízením zjišťována pevnost a modul pružnosti v tlaku podél vláken. Otvory v konstrukci jsou zazátkovány (prevence proti unikání vlhkosti a napadení hmyzem). Zkoušené vzorky o průměru 4,8 mm by měli být minimálně 20 mm dlouhé, z důvodu eliminace variability výsledků v důsledku střídání jarního a letního dřeva. Pro přenos vzorků se používá speciální schránka aby nedocházelo ke změně vlhkosti a mechanickému poškození. Odběr vývrtu by měl probíhat z nepoškozených míst prvku a zároveň v čistě radiálním směru, protože orientace letokruhů je velmi důležitá pro správné provedení zatěžovací zkoušky.



Obrázek 18: Vybavení pro odběr radiálního vývrtu.

Obrázek 19: Zatěžovací čelisti s drážkou pro radiální vývrt.

V průběhu zkoušení je tlaková síla a deformace vývrtu zaznamenávána do pracovního diagramu. Výpočet tlakové pevnosti se vypočítá podle rovnice:

$$f_c = \frac{F_{max}}{l \cdot d_c} \text{ [MPa]}$$

f_c – tlaková pevnost [MPa]

F_{max} – zatížení [N], zatížení F_{max} je odečítáno z diagramu

l – délka radiálního vývrtu [mm]

d_c – průměr radiálního vývrtu [mm]

Zkoušení tahových mikrovzorků [10]

Dalším důležitým aspektem hodnocení je stanovení ohybové pevnosti (často převládající zatížení) stanovujeme ho pomocí tahových vlastností.

Pomocí okružní pilky se odebírají vzorky pro stanovení tahové pevnosti:



Obrázek 20a: Okružní pila s pojezdem upravená pro odběr tahových mikrovzorků.

Obrázek 20b: Odebraný materiál k výrobě zkušebních vzorků.

Tahový vzorek se vkládá do jednoduchých čelistí, navržených pro tento účel a zatěžuje v běžném zkušebním stroji. Zkouška je sice nestandardní, ale svým pojetím se standardní zkoušce podle ASTM velmi blíží, neboť používá stejně jednoduché uspořádání, eliminující parazitní ohyb a průřez s malým počtem letokruhů. Při zkoušce je zjišťována tahová pevnost a modul pružnosti. Maximální tahové zatížení pro každý vzorek je zatížení při porušení a dovolené zatížení je určené podle vztahu:

$$f_c = \frac{F_{max}}{\frac{1}{2}b \cdot h} \text{ [MPa]}$$

f_t – tahová pevnost [MPa]

F_{max} – porušení při zatížení [N]

b – přepona trojúhelníkové lišty [mm]

h – výška trojúhelníkové lišty [mm]

Výsledky dosažené touto zkouškou není třeba korelovat a mohou být prohlášeny za srovnatelné se standardním testem.

4.2.3 Destruktivní metody

Odběr vzorků pro laboratorní zkoušky:

K upřesnění skutečného stavu materiálu se provádí zkoušky na vzorcích odebraných z konstrukce. Průkazné zkoušky se provádějí podle ČSN EN 384 „Konstrukční dřevo - Stanovení charakteristických hodnot mechanických vlastností a hustoty“ a ČSN EN 408 „Dřevěné konstrukce - Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo – Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností“ a slouží k přímému stanovení některých fyzikálně-mechanických vlastností. Zkoušky dřeva se provádí na vzorcích bez suků, smolnatosti a jiných vad a z výsledků těchto zkoušek usuzujeme na vlastnosti dřeva i s vadami. U konstrukčního dřeva zjišťujeme hlavně jeho fyzikální a mechanické vlastnosti, které jsou různé z hlediska základních anatomických směrů ve dřevě. Na výsledky zkoušek má také velký vliv vlhkost dřeva. [10]

5 STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

Předmětem je stanovení aktuálního stavebně-technického stavu vybraných nosných konstrukcí soustavy pěti halových objektů v areálu bývalé Královopolské strojírny vybudovaných mezi roky cca 1890 až 1901.

Cílem diagnostického průzkumu je zhodnocení aktuálního stavu dřevěných a zděných konstrukcí objektů hal. Výstup stavebně technického průzkumu bude sloužit jako podklad pro účely projektu revitalizace soustavy objektů hal pro dlouhodobé užívání.

5.1 Popis objektu

5.1.1 Lokalizace objektu

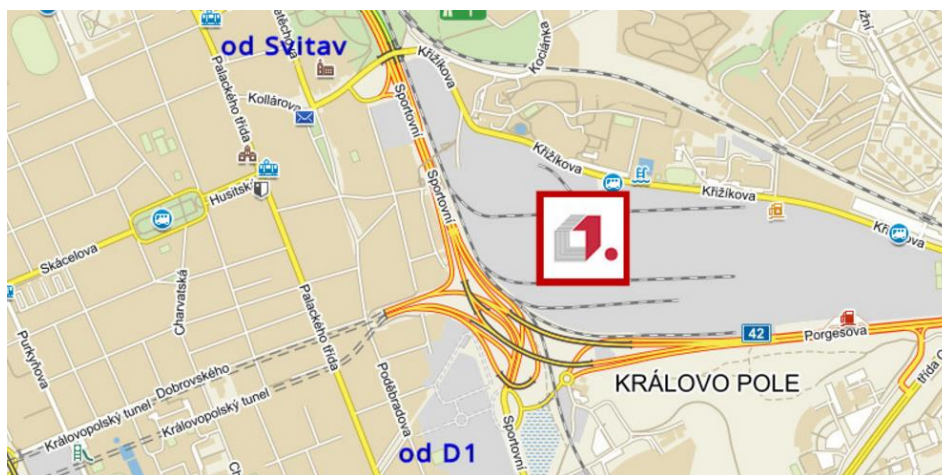
Sledovaným objektem je soustava pěti hal v

Areálu Královopolské a.s.

na Křižíkově ulici 68

61200 Brno – Královo Pole

Objekt se nachází v nadmořské výšce 225 metrů, řadíme jej do sněhové oblasti II [ČSN EN 1991-1-3:2005/Z1:2006 - Mapa sněhových oblastí] a větrné oblasti II [(ČSN EN 1991-1-4:2007 – Mapa větrných oblastí na území ČR].



Obrázek 21: Lokalizace objektu, logo První obalová.



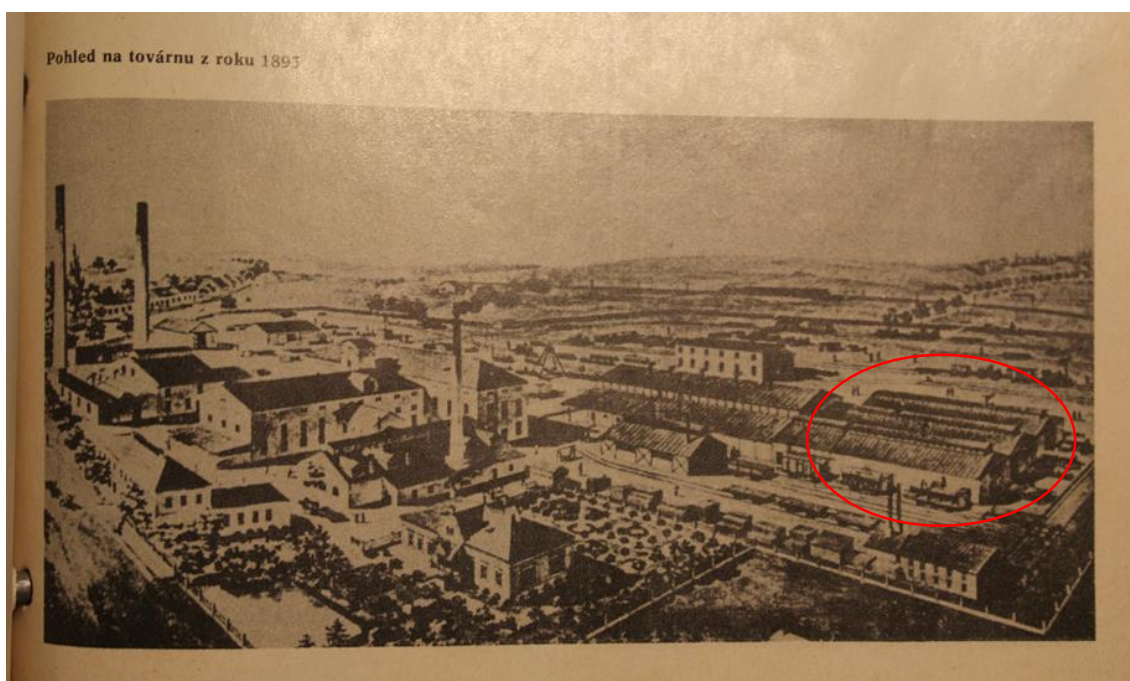
Obrázek 22: Celkový pohled na sdružený objekt pěti hal, jižní nosná podélná stěna a západní štítová stěna.



Obrázek 23: Celkový pohled na sdružený objekt pěti hal, severní nosná podélná stěna a část východní štítové stěny.

5.1.2 Historie objektu

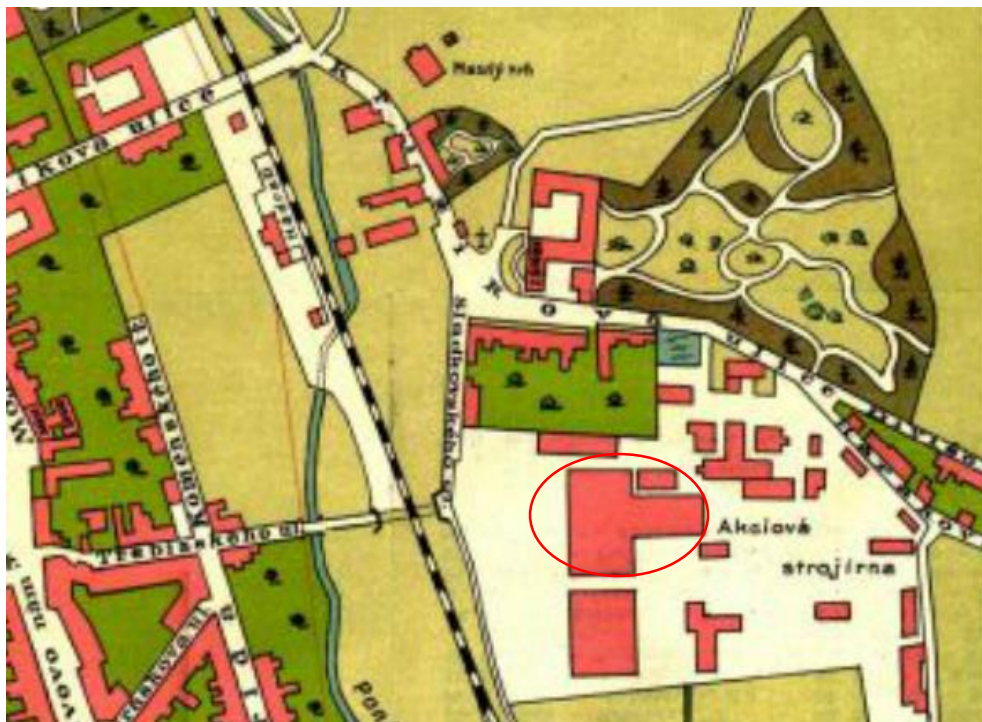
Na základě zkoumání historických dat se ukázalo, že zkoumané objekty byly součástí Královopolské strojírny Brno. Královopolská strojírna byla 20. ledna 1890 zapsána do obchodního rejstříku a v únoru téhož roku odkoupila pozemky, kde byly později vystavěny zkoumané haly a s již postavenou halou v rámci průzkumu označena jako část E (viz schéma 27). Královopolská strojírna ve svých počátcích působila v několika strojírenských odvětvích, patřila mezi ně výroba železničních vagonů, parních kotlů, dále zde byly konstruovány parní stroje, čerpadla a další často i jednorázově vyráběné atypické výrobky. V hale E bylo v roce 1890 vyrobeno 30 železničních vagonů. Jelikož se výroba velmi rychle zvyšovala v roce 1893 bylo vyrobeno již 229 vagonů a v následujícím roce dokonce 352. Bylo nezbytné rozšířit výrobní prostory o haly označené A a B vystavěné v roce 1893. [11]



Obrázek 24: Pohled na továrnu z roku 1893. [Královopolská strojírna Brno]

Vývoj strojírny se nezastavil, byla rozšiřována výroba. Významnou událostí bylo například zavedení výroby dřevoobráběcích strojů v roce 1897. Prostory pro výrobu železničních vagonů byly opět rozšířeny v roce 1901 o haly C a D, které byly postaveny jako lakovna a čalounická dílna. Na mapě Králova pole z roku 1907 (obr. 25) jsou již zakresleny, všechny diagnostikované objekty. Haly sloužily svému účelu většinu 20.

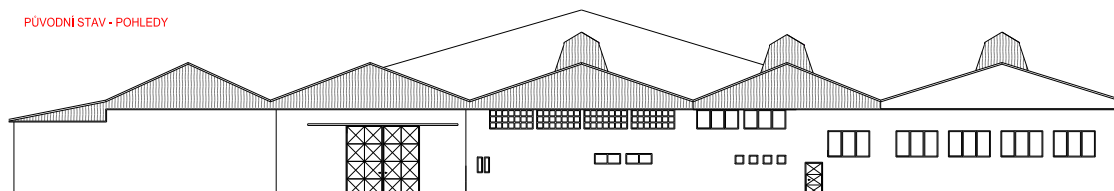
století. Ve válečných letech (1. a 2. světové války) se musely přizpůsobit válečnému stavu a výroba byla podřizována válečným požadavkům. Dnes haly využívá firma První Obalová pro výrobu a skladovací prostory. [11]



Obrázek 25: Mapa Králova pole kreslena v měřítku 1:5000 z 1907

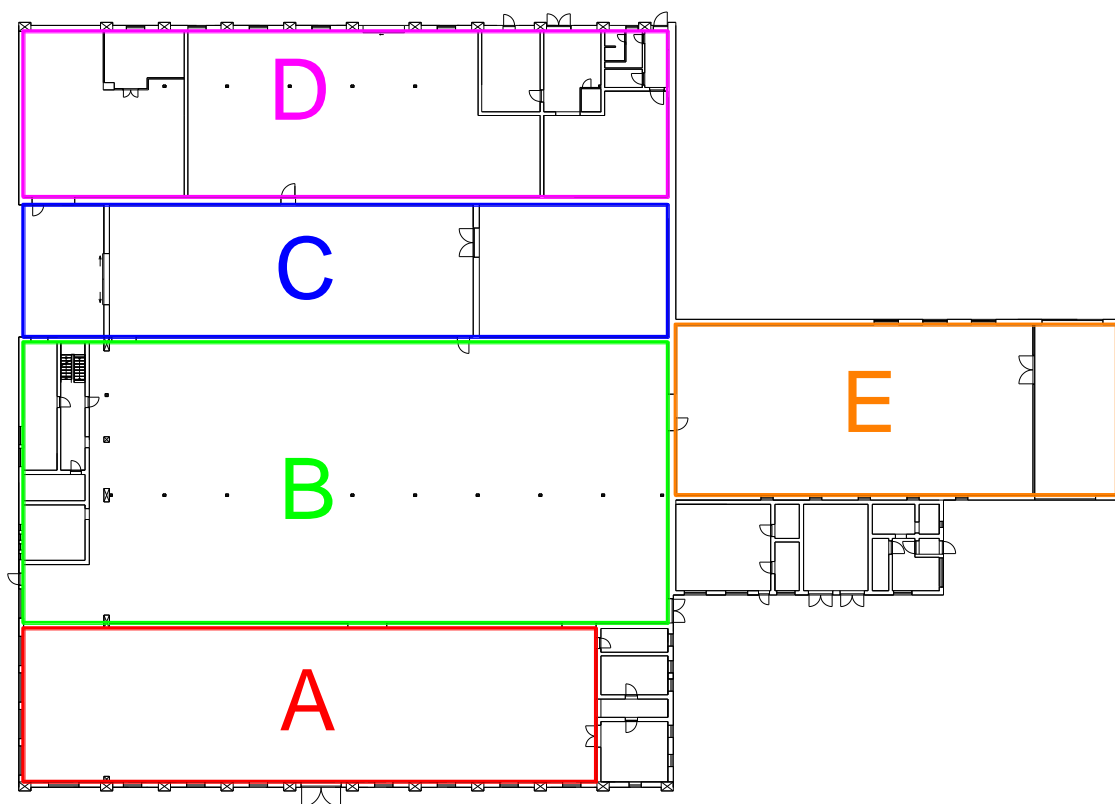
5.1.3 Popis konstrukcí

Objekt v současnosti slouží jako skladovací a výrobní haly firmě První obalová spol. s.r.o. Pro potřeby Stavebně technického průzkumu byla soustava hal rozdělena na pět částí označených A, B, C, D, E viz Obr. 28. Svislé nosné konstrukce jsou zděné z cihel plných pálených, vyjma haly E kde se jedná o konstrukci hrázděnou a haly B a D, kde se kromě zděné stěny nachází také ocelové příhradové sloupy.



Obrázek 26: Grafický pohled na západní průčelí objektů hal.

Zastřešení všech výrobních hal je provedeno dřevěnou konstrukcí krovu vybudovanou v soustavě věšadlové. Řešení konstrukcí krovů pomocí věšadel je realizováno nad prostory o velkých rozpětích, v našem případě 12 - 14 m. Statický princip je zde takový, že sloupky (tzv. věšáky) zde nejsou namáhány tlakem, ale tahem. Tahové síly ze sloupků se pak přenášejí do šikmých vzpěr. Je však nutné, aby osy vzpěr, rozpěry a věšáků (u dvojitého věšadla) procházeli jedním bodem. To proto, aby sloupek (věšák) nebyl namáhán ohybem.



Obrázek 27: Rozdělení objektu na části A-E, pro potřeby STP.

Stavebně technický průzkum je prováděn v rámci realizace zakázky, proto byla pozornost průzkumu zaměřena zejména na svislé nosné konstrukce a konstrukci krovu. Dalším konstrukcím objektu například základovými poměry, se tento průzkum nevěnuje.

5.2 Návrh průzkum

Na základě požadavků investora a předběžné prohlídky byly navrženy a následně realizovány tyto diagnostické práce in-situ:

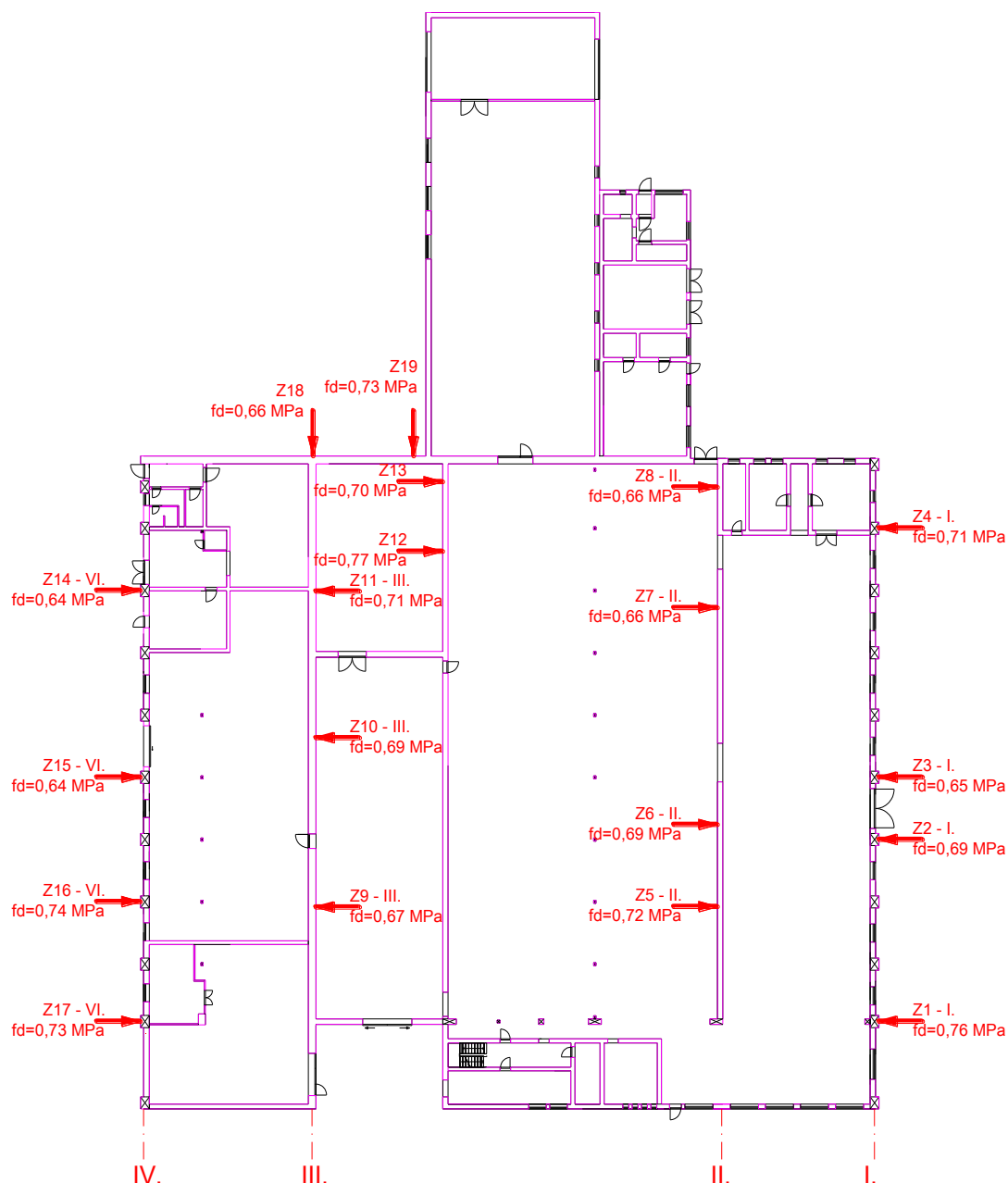
- Hodnocení aktuálního stavu vybraných svislých nosných konstrukcí za účelem stanovení fyzikálně-mechanických parametrů svislých nosných konstrukcí byly provedeny nedestruktivní (semidestruktivní) sondy pevnosti zdiva a dřevěných částí některých nosných konstrukcí (svislá hrázděná nosná konstrukce v části objektu E). Ocelové části svislých nosných konstrukcí (příhradové sloupy) byly zaměřeny a v rámci průzkumu hodnoceny jen vizuálně s odborným odhadem předpokládané tahové pevnosti.
- Vizuální defektoskopická prohlídka vzdušných líců dřevěné konstrukce krovů z úrovně podlahy byla provedena podrobná vizuálně defektoskopická prohlídka povrchu dřevěných nosných částí soustavy krovu. V jednotlivých částech (A-E) proběhla prohlídka a následné hodnocení aktuálního stavu dřevěných částí a celků konstrukce krovu jednotlivých hal.
- Zaměření vybraných konstrukcí (konstrukce krovu, ocelové příhradové sloupy).
- Průběžně byla vytvářena fotodokumentace.

5.3 Hodnocení aktuálního stavu svislých nosných konstrukcí

Pro zjištění skutečných mechanicko-fyzikálních parametrů zdiva svislých konstrukcí byla zvolena nedestruktivní (semidestruktivní) tvrdoměrná metoda Schmidtovým tvrdoměrem pro zdící prvky a pro zkoušení malty ve spárách byla použita upravena ruční vrtačka, známá odborné veřejnosti jako „Kučerova vrtačka“. Metodika a teoretický postup při hodnocení byly již popsány v kapitole 3.

Na základě požadavků investora a stavebně technického průzkumu bylo zvoleno 19 zkušebních míst pro provedení výše uvedených diagnostických prací.

Pro účel diagnostiky byly zkoumané svislé nosné konstrukce rozděleny do čtyř částí v jednotlivých osách nosných stěn. Jednotlivé osy podélných nosných stěn byly označeny I. – IV., viz **Schéma 2**.



fd - Návrhová pevnost zdiva v místě provedení sond

Obrázek 28: Poloha provedených sond do zdiva a malty objektů hal označených A – D, ve zvolených osách nosných zděných stěn I. – IV. Na vnějších obvodových stěnách jsou vazby krovů uloženy na zděné sloupky v osách I. a IV.

Použité přístroje a vybavení:

- Schmidtův tvrdoměr typ LB
- Ruční Kučerova vrtačka
- Vrtací a bourací kladivo BOSCH s příslušenstvím
- Digitální fotoaparát SONY Vario-Tessar 16,2 Mpx
- Elektrická bruska
- Ostatní: drobné nástroje pro odstranění omítky, výkresy, formuláře pro zápis naměřených údajů apod.)

5.3.1 Zdivo z CPP

V rámci této práce je pro názornost uveden postup při provádění diagnostických prací a následné hodnocení u vybraného zkušebního místa. Hodnocení a fotodokumentace dalších zkušebních míst jsou uvedeny v příloze.

Příprava zkušebního místa:

- Průzkum probíhal za plného provozu, k provedení zkoušek in-situ bylo potřeba dosáhnout jistého kompromisu se zaměstanci, odklizení zkušebních míst, zvýšená prašnost apod.
- Odstranění omítky bouracím kladivem BOSCH.
- Zbroušení povrchu cihel ruční elektrickou bruskou a následné jemné vybroušení.
- Odstranění malty ze spar cca 20mm.



Obrázek 29a a 29b: Typické zkušební místo (Z3-I) na obvodové nosné stěně. Celkový a detailní pohled.



Obrázek 30a a 30b: Typické zkušební místo (Z10-III) na vnitřní nosné stěně. Celkový a detailní pohled.

Po provedení zkoušek zdících prvků a malty byly výsledky zaznamenány a zaznačeny v připravených schématech. Každé zkušební místo bylo označeno fixem a následně vyfotografováno.

Následoval výpočet charakteristické a návrhové pevnosti zdiva. Výpočet byl proveden v program microsoft Excel. Na následujících 2 strankách je uveden výpočet charakteristické a návrhové pevnosti zkušebního místa Z1 – I.

NDT sonda do zdiva	Z 1 - I
--------------------	----------------

		odraz										n - platn.	R	$f_{be,inf}$	d	a	$f_{b,e}$ [MPa]
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
počet míst	1	18	20	20	22	16	24	22	20	22	18	10	20	13,44	0,75	0,77	7,8
		18	20	20	22	16	24	22	20	22	18		20				
	2	20	26	22	24	28	26	20	24	24	24	10	24	17,21	0,75	0,77	9,9
		20	26	22	24	28	26	20	24	24	24		24				
	3	23	28	28	28	28	27	24	25	28	28	10	27	20,04	0,75	0,77	11,6
		23	28	28	28	28	27	24	25	28	28		27				
	4	23	26	26	27	24	28	26	26	26	26	10	26	19,10	0,75	0,77	11,0
		23	26	26	27	24	28	26	26	26	26		26				
	5	24	24	25	26	23	26	25	24	22	23	10	24	17,21	0,75	0,77	9,9
		24	24	25	26	23	26	25	24	22	23		24				
počet míst	6	24	25	28	25	25	28	28	23	26	25	10	26	19,10	0,75	0,77	11,0
		24	25	28	25	25	28	28	23	26	25		26				
	7	26	28	28	27	22	24	25	26	26	26	10	26	19,10	0,75	0,77	11,0
		26	28	28	27	22	24	25	26	26	26		26				
	8	28	24	22	26	25	24	26	25	23	22	10	25	18,16	0,75	0,77	10,5
		28	24	22	26	25	24	26	25	23	22		25				
	9	23	23	24	26	26	24	25	24	23	20	10	24	17,21	0,75	0,77	9,9
		23	23	24	26	26	24	25	24	23	20		24				
	10	30	28	25	30	26	28	30	30	30	28	10	29	21,93	0,75	0,77	12,7
		30	28	25	30	26	28	30	30	30	28		29				

STATISTICKÉ HODNOCENÍ

Aritmetický průměr dílčích hodnot pevností jednotlivých kusových staviv
Výběrová směrodatná odchylka souboru hodnot
Variační koeficient [COV]
Součinitel kn pro stanovení odhadu 5%-ního kvantilu (charakt. hodnota)
uvažovaný neznámý variační součinitel Vx (neexistují podklady)

X_k	10,5	MPa
s_x^2	1,3	MPa
V_x	12,3	%
k_n	1,92	nez.

Normalizovaná průměrná pevnost zdícího prvku v tlaku	$f_b = Xk(1 - kn \cdot Vx)$		
	f_b	8,1	MPa

zkušební místo		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
hloubka návrtu	[mm]	40	61	45	44	49	72	57	63
pevnost malty	f_{mo} [MPa]	1,7	1,0	1,5	1,5	1,3	0,8	1,1	0,9

STATISTICKÉ HODNOCENÍ

Aritmetický průměr dílčích hodnot pevností jednotlivých kusových staviv
Výběrová směrodatná odchylka souboru hodnot
Variační koeficient [COV]
Součinitel kn pro stanovení odhadu 5%-ního kvantilu (charakt. hodnota)
uvažovaný neznámý variační součinitel Vx (neexistují podklady)

X_k	1,2	MPa
s_x^2	0,3	MPa
V_x	27,9	%
t_n	0,60	nez.

Charakteristická hodnota pevnosti malty v tlaku	$f_m = f_{mo} - t_n \cdot s_x$		
	f_m	0,8	MPa

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku dle ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí
--

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku se stanoví dle vzorce	$f_k = K \cdot f_b^\alpha \cdot f_m^\beta$
K - konstanta závislá na druhu zdiva a skupině zdících prvků	K = 0,50
α - exponent závislý na tloušťce ložných spar a druhu malty	α = 0,65
β - exponent závislý na použitém druhu malty	β = 0,25

Charakteristická pevnost zdiva	f_k	1,8	MPa
---------------------------------------	-------	------------	------------

Návrhová pevnost zdiva dle ČSN ISO 13822, ČSN EN 1996-1-1
--

Vztah pro výpočet návrhové pevnosti zdiva	$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m} = \frac{f_k}{\gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2} \cdot \gamma_{m3} \cdot \gamma_{m4}}$
---	--

Vysvětlivky :

γ_{m1}	základní hodnota dílčího součinitele spolehlivosti, pro zdivo z plných cihel na maltu obyčejnou	2,00
γ_{m2}	součinitel zahrnující vliv pravidelnosti vazby zdiva a vyplnění spar maltou: $0.85 \leq \gamma_{m2} \leq 1.20$	1,10
γ_{m3}	součinitel zahrnující vliv zvýšené vlhkosti, pro vlhkost od 4% do 20%: $1.00 \leq \gamma_{m3} \leq 1.25$	1,10
γ_{m4}	součinitel zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu v intervalu: $1.00 \leq \gamma_{m4} \leq 1.40$	1,00
Návrhová pevnost zdiva		f_d 0,76 MPa

Nosné stěny jsou vybudovány z cihel plných pálených, kladených na křížovou vazbu. Pevnost pálených cihel odvozená ze Schmidtova tvrdoměru se pohybovala v rozmezí 6 – 8 MPa. Výplňová malta je již značně strávená a její pevnost odvozená z penetračních zkoušek Kučerovou vrtačkou se pohybovala v rozmezí 0,7 – 1,2 MPa. Vypočítaná návrhová pevnost zdiva s přihlédnutím k celkovému stavu (vlhkost, kvalita spár, apod.) se pohybovala v intervalu od 0,64 MPa do 0,77 MPa

Hydroizolace zděných stěn se nepodařilo dohledat. Zdivo v době průzkumu bylo suché, avšak na omítce byly místy výkvěty vlhkosti.

Původní izolace, vzhledem ke stáří objektu, již zřejmě dostatečně nefungují po celé linii stěn. Pokud byly izolace na bázi asfaltu, lze předpokládat jejich výraznou degradaci. Z dlouhodobého hlediska funkce zdiva způsobuje zvýšená vlhkost keramického střepu jeho nevratnou trvalou degradaci ve smyslu poklesu pevnosti v tlaku.

5.3.2 Hrázďená svislá nosná konstrukce objektu haly označené E

Svislé nosné konstrukce halového objektu označeného E jsou tvořeny kombinací dřeva a cihel plných pálených. Obecně platí, že nosnou částí u hrázďených konstrukcí je dřevěná konstrukce. Tudíž je z hlediska únosnosti rozhodující únosnost dřevěných prvků. U hrázďených staveb bez diagonál lze předpokládat, že dochází k vzájemné redistribuci vnitřních sil a tedy i výplň může zastávat statickou funkci.



Obrázek 31: Pohled na jižní stěnu hrázďené konstrukce haly označené E. Patrné jsou vodorovné ztužující prvky stěny. Dřevěné prvky vizuálně jeví poměrně značnou degradaci vlivem oslunění a cyklicky působící vlhkosti od povětrnostních vlivů v průběhu cca 120 let.

Jedná se o sloupkovou stěnu bez veknutí do základů se ztužujícími vodorovnými prvky, ze statického hlediska se tato konstrukce podobá konstrukci rámové. Dřevěné prvky mohou být namáhány tlakem, tahem i ohybem, za předpokladu správného provedení stěny, které uvažuje rozdílné vlastnosti dřeva v různých směrech, to není pro dřevo jako materiál nepříznivá situace.

Průzkum se zabýval zejména kvalitou dřevěných prvků, které byli zkoušeny přístrojem Pilodynem a vlhkoměrem. Na následujících stranách budou pod fotografiemi popsány nejvýznamnější nálezy a u vybraných míst zkoušené metodou odporového zarážení trnu jsou uvedeny zjištěné hodnoty penetrace a naměřená hodnoty vlhkosti

odporovým zarážecím vlhkoměrem. Výsledky zkoušení nám umožnili vytvořit rámcovou představu o mechanicko fyzikálním stavu dřevěných prvků.



Obrázek 32: Pohled na výplňové zdivo hrázděné konstrukce mezi dvěma dřevěnými nosnými sloupy. Zdivo je lokálně poměrně degradované, což odpovídá nedostatečné údržbě a stáří konstrukce. Výplňová malta je značně degradovaná vlivem klimatických podmínek. Zdivo má funkci výplňovou, případně částečně zachycuje vodorovné účinky od střešní konstrukce.



Obrázek 33: Dřevěný nosný sloupek hrázděné konstrukce. Na dřevu byly provedeny penetrační zkoušky přístrojem Pilodyn a provedeno měření vlhkosti. Zde se pohybovala hodnota penetrace

energií 6J v rozmezí 30 – 34 mm, což lze hodnotit jako poměrně špatné (odpovídající stáří a údržbě konstrukce). Hodnoty vlhkosti se pohybovaly v intervalu 9,6 – 13,8% (vyšší vlhkost byla zaznamenána v patě sloupu).



Obrázek 34: Detail sloupu. Zde se pohybovala hodnota penetrace energií 6J v rozmezí 28 – 32 mm. Hodnoty vlhkosti se pohybovali v intervalu 9,3 – 14,2%.

Na dřevěných svislých nosných prvcích hrázděné stěny byly provedeny penetrační zkoušky přístrojem Pilodyn s energií vniknutí 6J. V místech provádění penetračních sond byla vždy změřena vlhkost dřeva odporovým zárazecím vlhkoměrem. Na stěnách byly provedeny 4 měření penetrace a vlhkosti. Vždy dvě sondy na jižní stěně a dvě sondy na severní stěně. Hodnoty naměřené penetrace se pohybovaly v rozmezí 28 – 36 mm na stupnici od 0 – 40 mm. Vlhkost dřeva se ve zkušebních místech pohybovala v intervalu 8 – 15 %.

Na základě provedených zkoušek lze usuzovat, že dřevní hmota nosných prvků je již v pokročilém stádiu degradace. Dřevo je značně seschlé a jeho stav je úměrný stáří cca 120 let. Hodnoty penetrace 30 mm a více znamenají z hlediska statického působení snížení pevnostních parametrů řádově o 30 – 50% v porovnání s původním stavem před 120 lety. Naměřené vlhkosti dřevní hmoty jsou v oblasti spíše suché, optimální vlhkost dřeva je uvažována v rozmezí 12 – 14%.

Celkový stav nosných stěn je hodnocen jako špatný, z dlouhodobého hlediska působení zatížení a povětrnostních vlivů nevyhovující.

5.3.3 Ocelová konstrukce příhradových sloupů

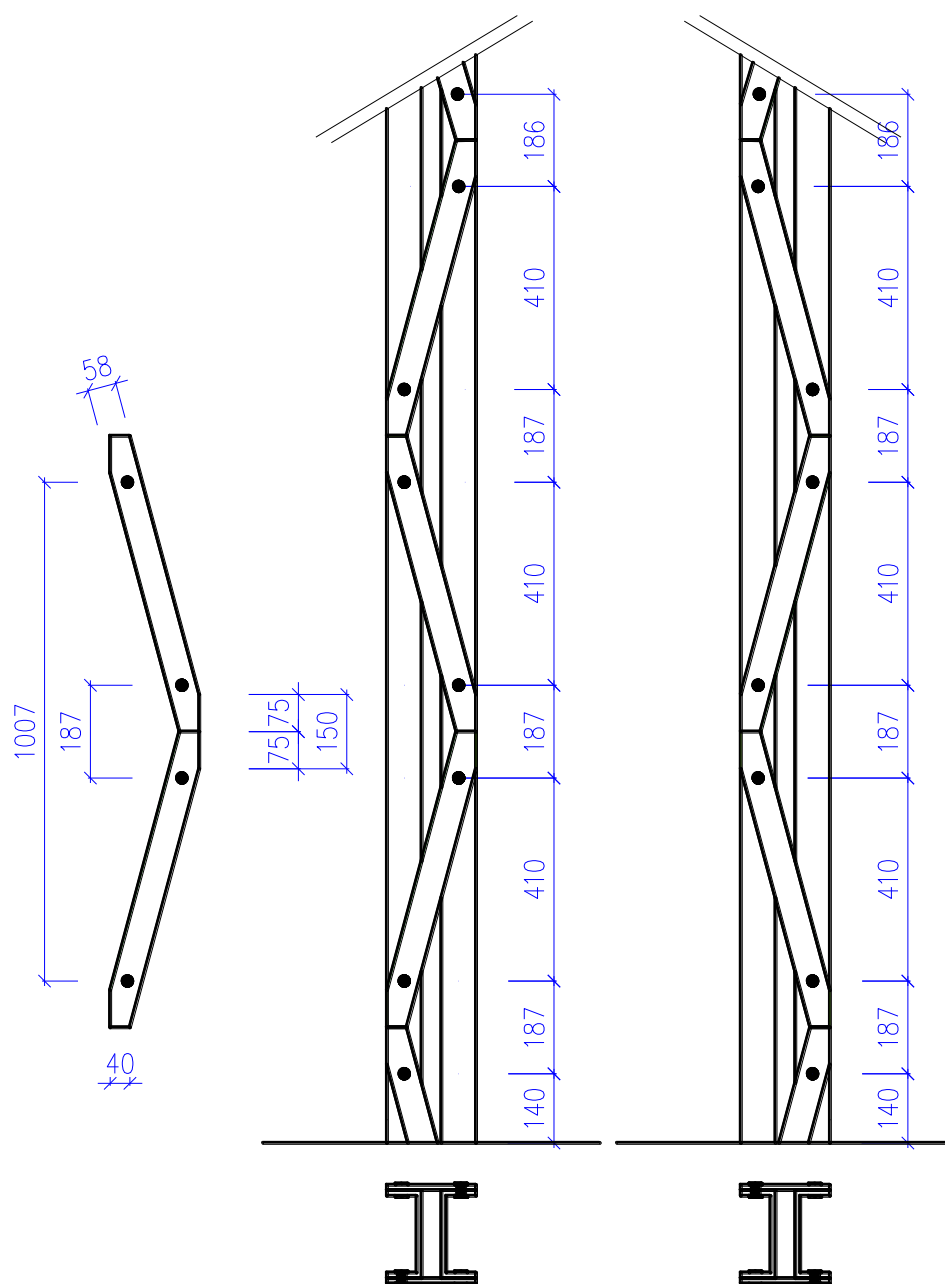
V hale B se nachází nosná konstrukce tvořena ocelovými příhradovými sloupy, nesoucí konstrukci krovu. Při provádění průzkumu byly tyto sloupy zaměřeny a byla provedena vizuální kontrola prvků příhrady.

Ocelový příhradový sloup je geometricky tvořen dvojicí profilů U o rozměrech 70x178x12 mm. Oba U profily jsou na straně pásnice spojeny příhradovou konstrukcí, která je tvořena ocelovou pásovinou tloušťky 11 mm a šířky 58 mm. Spoje jsou provedeny jako nýtované s průměrem hlavy 25 mm.

Na některých sloupech byly zjištěny chybějící části příhradoviny. Nýtované spoje nevykazovaly významnější poškození, místy byly však některé nýty vypadlé.



Obrázek 35: Pohled na ocelový příhradový sloup ve střední ose haly označené B. Výška sloupu od podlahy po spodní líc horního vodorovného U profilu je 4920 mm.



Obrázek 38: Schéma zaměřené geometrie příhradových sloupů.

Stavebně technický stav nosných ocelových sloupů nesoucí střešní konstrukce v části haly B nevykazuje významné poškození. Lokálně jsou na povrchu pozorovatelné korozivní poruchy, vznikají působením zatékající dešťové vody. Materiál všech diagnostikovaných sloupů je ocel. Součástí průzkumu nebylo hodnocení mechanicko-fyzikálních vlastností oceli. V případě potřeby by v doplňkovém průzkumu mohli být provedeny zkoušky v laboratoři na odebraném vzorku in-situ, případně využity další diagnostické metody například tvrdoměrná zkouška dle Brinella.

5.4 Krov

Tato kapitola se věnuje průzkumu dřevěné konstrukce krovu, nejprve jsou uvedeny informace zjištěné v předběžném průzkumu. V další části jsou popsány vady a poruchy zjištěné vizuální defektoskopickou prohlídkou. Následně při souhrnném hodnocení bylo přihlédnuto ke statickému výpočtu (6. kapitola) vybrané části konstrukce.



Obrázek 39: Konstrukce krovu v hale A (část s konstrukcí centrálního světlíku).

Konstrukce je vybudována jako dvojité věšadlo na rozpětí 13-14 m. V rámci diagnostikovaných objektů hal A, B, C a D se konstrukce krovu od sebe příliš nelišily, s výjimkou konstrukce světlíku, který byl pouze v některých částech hal. Krovy jsou uloženy buď na zdivo tloušťky 450 mm, nebo na ocelové příhradové sloupky viz obrázek 27. Krov v objektu E je také tvořen dvojitým věšadlem uloženým na dřevěné sloupky hrázdného zdiva.

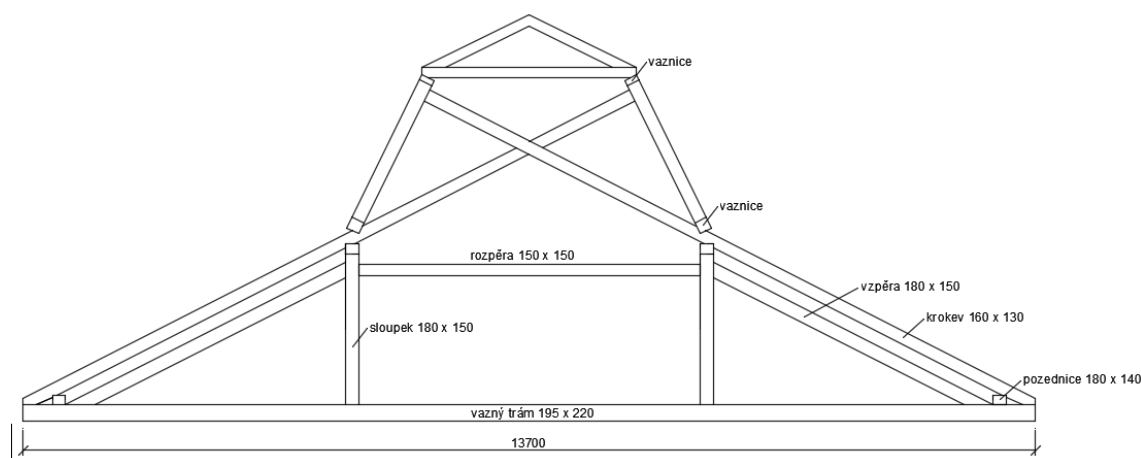
V halách A, B, C a D je konstrukce původní a stáří lze odhadovat na cca 95 let. Konstrukce krovu v hale E je starší, byla vybudována v letech 1890-1893 a stáří je odhadováno na cca 125 let.

Při samotném průzkumu byly zjištěny skutečnosti, které naznačují realizované

opravy konstrukce krovu, například u zhlaví některých vazných trámů byly přidány ocelové profily apod.

Střecha je provedena jako sedlová o sklonu 27 °. Střešní plášť je tvořen bedněním z dřevěných desek a plechovou střešní krytinou.

V rámci podrobného průřezu byl zaměřen krov v hale A:



Obrázek 40: konstrukce krovu v hale A (část s konstrukcí světlíku).

- Vazný trám: průřez 190 x 220 mm, délka 13700 mm.

Prvek namáhán osovou silou (u věšadla tah) a ohybem, délka uložení prvku je 300 na stěnu z cihel plných pálených. Do prvku jsou zapuštěny vzpěry.

- Sloupek: průřez 180 x 150 mm, délka 2060 mm.

Prvek namáhán osovou silou (u věšadla tah), je kloubově (z hlediska statiky) připojen k vaznému trámu a pomocí ocelového pásu přenáší tah z vazného trámu.

- Vzpěra: průřez 180 x 150 mm, délka 4020 mm.

Prvek namáhán osovou silou (tlak), je zapuštěn do vazného trámu – kloubový spoj (z hlediska statiky). Připojení ke sloupku by mělo být ve stejné ose jako rozpěra, také kloubový spoj.

- Rozpěra: průřez 150 x 150 mm, délka 4640 mm.

Prvek namáhán osovou silou (tlak) a ohybem. Kloubově připojen ke sloupkům.

- Krokev: průřez 160 x 130 mm, délka 9280 mm a 5120mm.

Každá lichá krokev je prodloužena a vytváří tzv. Ondřejský kříž, jenž pomáhá vynášet konstrukci světlíku. Každá sudá krokev je ukončena v úrovni sloupků.

Krokve jsou spojeny tesařským spojem osedláním s vaznicí a pozednicí

- Vaznice: průřez 180 x 150 mm.

Podélný prvek přenášející osově síly a ohyb.

- Pozednice: průřez 180 x 140 mm.

Podélný prvek v našem případě uložen na nosnou stěnu a vazný trám, z hlediska statiky jej lze uvažovat jako neposuvnou podporu.

- Pásky: průřez 120 x 120 mm

Zajišťují tuhost v podélném směru. Jsou připojeny tesařským spojem - čepováním s dřevěnými kolíky ke sloupku a vaznici.



Obrázek 41: Detail spoje vazného trámu se sloupkem realizován ocelovým páskem. Spoj přenášející tahové namáhání.



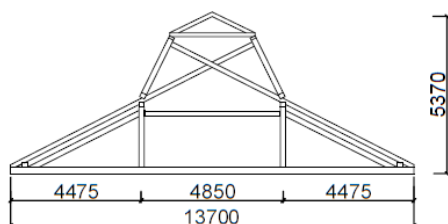
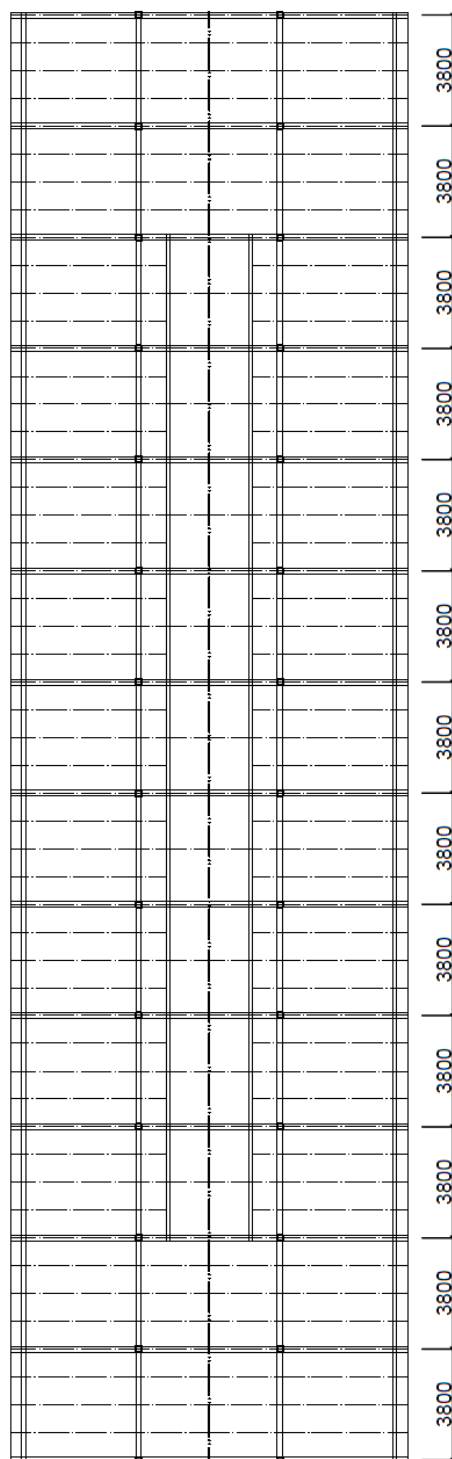
Obrázek 42: Typický detail spoje. Připojení pásku čepováním k vaznici a k sloupku s dřevěným kolíkem. Propojení částí vaznice ocelovým prvkem.



Obrázek 43: Detail uložení vazného trámu. Dále zapuštění vzpěry do vazného trámu. Detail osedlání pozednice krokví.

Schéma půdorysu krovu

1:200



5.4.1 Vizuální defektoskopická prohlídka vzdušných líců dřevěné konstrukce krovů

V této části budou uvedeny výsledky z vizuálně defektoskopické prohlídky. Konstrukce krovu je značně rozsáhlá, proto budou vybrány nejvýznamnější příp. nejčastější poruchy, či problematická místa. Na následujících fotografiích je uvedeno v které části jsou pořízeny (A-E schéma viz. výše) doplněny podrobnějším popisem fotografie.



Obrázek 44: Detail uložení krokve na pozednici v úžlabí mezi objekty Ozn. A a B. Degradace dřevěného prvku je ve značně vysokém stádiu. Vlivem nasycení vodou a následným vysychání v opakujících se cyklech jsou na povrchu dřevěného prvku vykresleny vodorovné, tzv. sesychací trhliny. Sesychací trhliny snižují pevnost dřeva, jelikož se jedná o trhliny podél vláken dřevěných prvků.

Typické uložení vazného trámu na zdivo vnitřní stěny (mezi objekty Ozn. A a B). Vazný trám je uložen na ocelový I profil, který prochází skrz stěnu do části haly Ozn. B. Vlivem dlouhodobého zatékání a kondenzace vody v místě uložení vazného trámu, je dřevo v těchto místech značně degradováno. Na pohled je dřevo truchlivé a je napadeno hnilobou. Jedná se vzhledem k uspořádání konstrukce o staticky významný detail. Jeho špatný stav snižuje tuhost konstrukce jako celku a jeho reakci na nahodilá zatížení (zejména sněhem) ve smyslu nadměrných deformací konstrukce, např. průhyb vazného trámu.



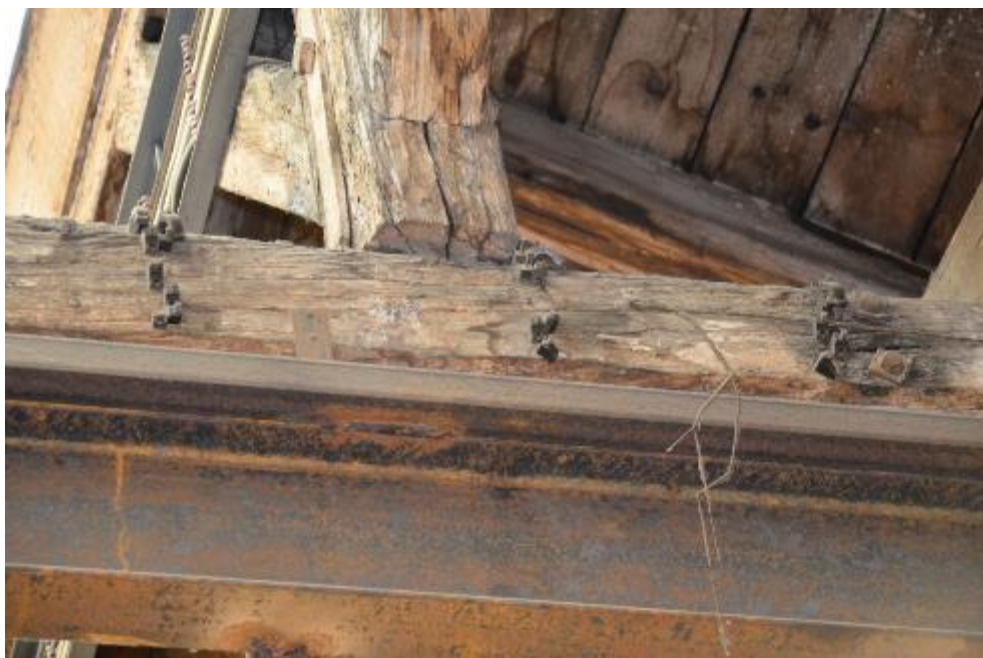
Obrázek 45: Typický pohled na stav podbití a krokví (hala A). Je patrné, že docházelo k opakovanému zatékání dešťové vody přes střešní plášť. Dřevěné prvky podbití a krokví jsou značně poškozeny vlhkostí a procesy hniloby. Jejich stav odpovídá nedostatečné udržbě střešního pláště.



Obrázek 46: Pohled na horní část střechy v místě styku se světlíkem (hala A). Je patrné, že v této části konstrukce dochází k dlouhodobému zatékání dešťové vody a dřevěné prvky jsou značně poškozeny procesy hniloby. Některé konstrukční detaily, zejména pak tesařské spoje mohou být významně degradované.



Obrázek 47: Detailní pohled na stav pozednicového trámu (hala A/B). Na povrchu dřeva je vidět značná degradace doprovázená sesychacími trhlinami, které způsobuje oslunění (ze západu) v kombinaci s cyklickou změnou vlhkosti vlivem zatékání.



Obrázek 48: Pohled na konstrukční detail mezi sloupkem a vazníkem (hala B), zajišťující přenos tahových sil. Na obrázku je patrné vybočení sloupku z osy kolmé k prvku vazného trámu. Prvek je poměrně značně poškozen tlakovými trhlinami způsobenými pravděpodobně působícím momentem v tomto místě konstrukce vzhledem k vyosení prvku.

5.5 Hodnocení aktuálního stavu konstrukce krovů soustavy pěti hal

Soustava objektů pěti hal byla pro účely hodnocení jednotlivých částí krovu rozdělena dle Schématu obrázků 29, na části označené A – E. V každém jednotlivém prostoru haly byla provedena podrobná vizuálně - defektoskopická prohlídka konstrukce krovu z úrovně podlahy. Pořízená fotodokumentace prohlídky je uvedena v předcházejícím textu. Souhrnně lze hodnotit celkový stav konstrukce krovů soustavy hal v následujících bodech:

- Dlouhodobě špatně fungující střešní plášť z hlediska průsaku dešťové vody.
- Špatně fungující svody dešťové vody zejména v úžlabí mezi jednotlivými objekty.
- Výrazná je degradace desek podbití střešního pláště vlivem zvýšené vlhkosti, dřevo je napadeno procesem hniloby a výrazným sesycháním při cyklicky se měnící vlhkosti.
- Střešní krokve jsou ve špatném stavu, řádově až 80% prvků poškozeno cyklickou vlhkostí od dlouhodobých průsaků dešťové vody a sněhu ze střešního pláště.
- V následující kapitole je proveden účelový statický posudek dvojitého věšadla konstrukce krovu, byl vytvořen idealizovaný statický model věšadla a posouzeny hlavní prvky plné vazby. Vazný trám, vzpěry i sloupek byly posouzeny jako vyhovující současným normám [ČSN EN 1995 -1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí], rozpěra byla vyhodnocena jako lehce poddimenzována podle nynějších předpisů. Jelikož konstrukce v dlouhém časovém horizontu vykazovala uspokojivé chování, tento nevyhovující posudek by ještě sám o sobě nepředstavoval významný problém, ovšem v kombinaci s poklesem pevnosti dřeva (vlivem zvýšené vlhkosti, nedostatečné údržby a stáří) to může problém představovat. Lokálně bylo snížení pevnosti odhadnuto až o 30-40%. Je současný stav v dlouhodobém časovém horizontu nevyhovující.
- U vazných trámů byli zřetelně pozorovatelné deformace směrem dolů, což svědčí o nesprávném statickém chování konstrukce. Důvodem je pravděpodobně snížení tuhosti některých spojů vlivem snížení pevnosti dřeva.
- Nehrozí aktuální nebezpečí havárie konstrukce. Z dlouhodobého hlediska je ale nezbytné tuto konstrukci modernizovat. Je-li ekonomicky výhodnější varianta nové konstrukce, tak provést výměnu konstrukce, za konstrukci vyhovující současným požadavkům na únosnost konstrukce.

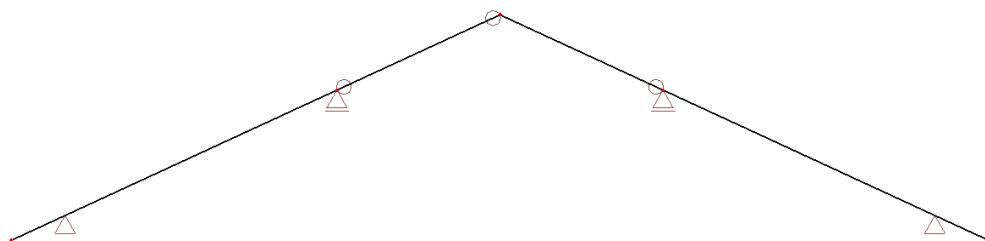
6 STATICKÝ POSUDEK

Tato kapitola vznikla pro doplnění stavebně technického průzkumu soustavy pěti hal. Tento statický posudek nemá ambice o celkové statické posouzení všech konstrukcí, což by bylo mimo možnosti této práce. Cílem této kapitoly je vytvoření statického posudku vybraných prvků plné vazby konstrukce krovu v hale A (na základě získaných informací v předcházejícím průzkumu).

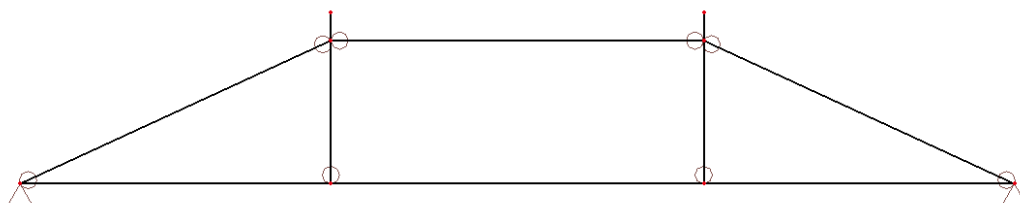
Jelikož mechanicko-fyzikální vlastnosti jednotlivých prvků krovu mohou být rozdílné (jiný stupeň poškození), budou všechny prvky krovu posuzovány vždy pro plný (nepoškozený) průřez.

6.1 Geometrický model

1. Model reprezentuje krokev. Krokev přenáší veškerá zatížení od střešního pláště do konstrukce krovu. Staticky určitá konstrukce.



2. Model plné vazby konstrukce dvojitého věšadla. Vazný trám je uložen jako prostý nosník, vzpěry a rozpěry jsou připojeny kloubově, sloupek je kloubově připojen k vaznému trámu. Z podpor předcházejícího modelu je plná vazba zatěžována osovými silami.



Byl vytvořen idealizovaný model krovu. Tento model předpokládá správné fungování všech spojů, je zřejmé že v případě poškozených nebo špatně provedených spojů (například spoj namáhán tlakem vzpěra - vazný trám, nebo tahové namáhání spoje sloupek - vazný trám) může být statický princip věšadla narušen. Model byl vytvořen ve studentské verzi programu SCIA Engineering.

6.2 Zatížení

6.2.1 Stálé

- Vlastní tíha prvků generována automaticky z vytvořeného modelu (ZS1).
- Vlastní tíha střešního pláště byla stanovena na 0,5 kN/m² (ZS2).

6.2.2 Proměnná zatížení – Sníh

sněhová oblast II [ČSN EN 1991-1-3:2005/Z1:2006 - Mapa sněhových oblastí]

- $S_k = 1,6 \text{ kN/m}^2$
- ZS3-ZS5: sníh plný, sníh pravý a sníh levý

6.2.3 Proměnné zatížení – Vítr

větrná oblast II [(ČSN EN 1991-1-4:2007 – Mapa větrných oblastí na území ČR].

- Maximální dynamický tlak větru $q_p = 0,641 \text{ kN/m}^2$
- ZS6-ZS9

6.2.4 Kombinace

Kombinace zatížení podle ČSN EN 1990:

$$6.10.a \quad \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10.b \quad \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Součinitele zatížení:

$\gamma_G = 1,00$ Příznivé účinky

$\gamma_G = 1,35$ Příznivé účinky

$\gamma_Q = 1,00$ Příznivé účinky

$\gamma_Q = 1,50$ Příznivé účinky

Kombinační součinitele:

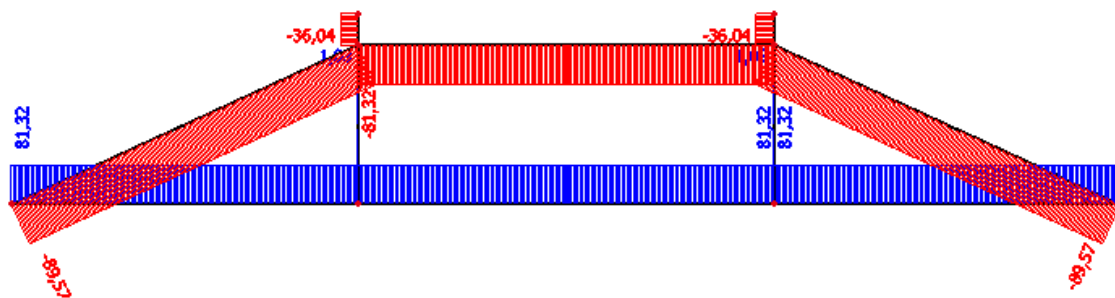
$\psi_0 = 0,7$ náhodilé zatížení v budovách, kromě skladovacích prostor

$\psi_0 = 0,6$ zatížení větrem

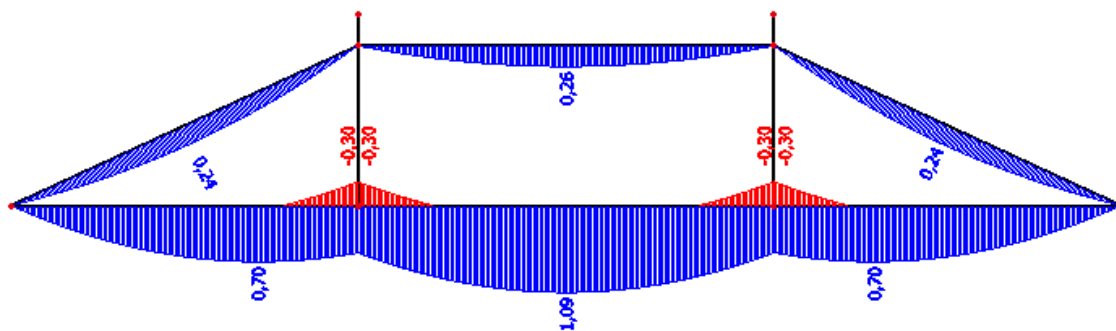
$\psi_0 = 0,5$ zatížení sněhem

6.3 Vnitřní síly

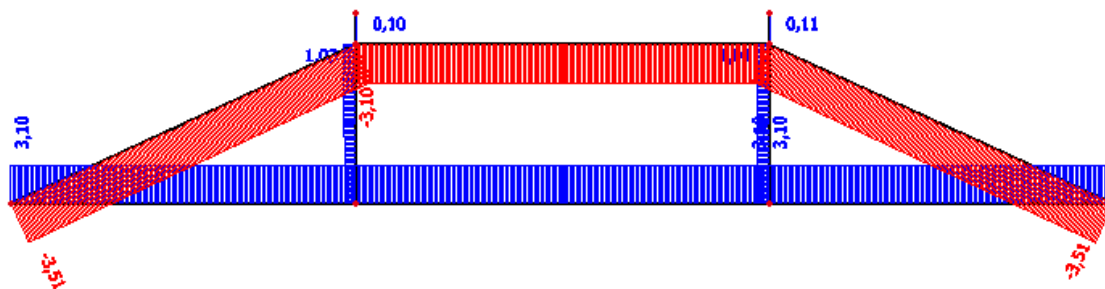
Průběh normálových sil (–) kombinace pro výpočet mezního stavu únosnosti (extrém)



Průběh ohybových momentů kombinace pro výpočet mezního stavu únosnosti (extrém)



Průběh normálových sil (+) kombinace pro výpočet mezního stavu únosnosti (extrém)



6.4 Posouzení plné vazby

6.4.1 Materiálové charakteristiky

- návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{40}{1,3} = 27,69 \text{ MPa}$$

- návrhová pevnost v tahu (II s vlákny):

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,3} = 16,62 \text{ MPa}$$

- návrhová pevnost v tlaku (II s vlákny):

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,3} = 18,0 \text{ MPa}$$

- modul pružnosti $E_{0,05}$ (II s vlákny):

$$E_{0,05} = 9,4 \text{ GPa}$$

Materiálové charakteristiky výše uvedené odpovídají smrkovému dřevu třídy pevnosti C40. Toto zařazení nemá v konstrukcích hal obecnou platnost, bylo určeno pro účel tohoto statického posudku. K ověření mechanicko–fyzikálních vlastností dřeva v rámci konstrukce krovu by bylo nezbytné provést další zkoušky dřeva in-situ, případně doplněné o zkoušky provedeny laboratorně na vybraných vzorcích.

6.4.2 Rozpěra

- Průřez:

$$b = 0,150 \text{ m}$$

$$h = 0,150 \text{ m}$$

- Délka prvku:

$$l = 4,64 \text{ m}$$

- Plocha průřezu:

$$A = bh = 0,15 \cdot 0,15 = 0,0225 \text{ m}^2$$

- Průřezový modul:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,15 \cdot 0,15^2}{6} = 0,000563 \text{ m}^3$$

- Moment setrvačnosti:

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,15 \cdot 0,15^3}{12} = 0,0000422 \text{ m}^4$$

- Poloměr setrvačnosti:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{0,0000422}{0,0225}} = 0,0433 \text{ m}$$

- efektivní délka prvku:

$$l_{ef} = 4,64 \text{ m}$$

- štíhlostní poměr:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot l_{ef}}{i_y} = \frac{1 \cdot 4,64}{0,0433} = 107,16$$

- Poměrný štíhlostní poměr:

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{107,16}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26 \cdot 10^6}{9400 \cdot 10^6}} = 1,79$$

- Součinitel vzpěrnosti:

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{2,85 + \sqrt{2,85^2 - 1,79^2}}; 1 \right\}$$

$$k_c = \min \{0,197; 1\} = 0,197$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] =$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 1 \cdot (1,79 - 0,3) + 1,79^2] = 2,85$$

$$k_m = 1$$

- Normálové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_c}{A} = \frac{81320}{0,0225} = 3,61 \text{ Mpa}$$

- Normálové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W} = \frac{260}{0,000563} = 0,46 \text{ Mpa}$$

- Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,61}{0,197 \cdot 18} + \frac{0,46}{1 \cdot 27,70} \leq 1$$

$$1,04 \leq 1$$

Rozpěra nevyhoví na namáhání tlakem a ohybem. Únosnot je překročena o 4%.

6.4.3 Vzpěra

- Průřez:

$$b = 0,15 \text{ m}$$

$$h = 0,18 \text{ m}$$

- Délka prvku:

$$l = 4,02 \text{ m}$$

- Plocha průřezu:

$$A = bh = 0,15 \cdot 0,18 = 0,027 \text{ m}^2$$

- Průřezový modul:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,15 \cdot 0,18^2}{6} = 0,00081 \text{ m}^3$$

- Moment setrvačnosti:

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,15 \cdot 0,18^3}{12} = 0,0000729 \text{ m}^4$$

- Poloměr setrvačnosti:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{0,0000729}{0,027}} = 0,0520 \text{ m}$$

- efektivní délka prvku:

$$l_{ef} = 4,02 \text{ m}$$

- štíhlostní poměr:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot l_{ef}}{i_y} = \frac{1 \cdot 4,02}{0,0520} = 77,36$$

- Poměrný štíhlostní poměr:

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{77,36}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26 \cdot 10^6}{9400 \cdot 10^6}} = 1,29$$

- Součinitel vzpěrnosti:

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{1,83 + \sqrt{1,83^2 - 1,29^2}}; 1 \right\}$$

$$k_c = \min \{0,32; 1\} = 0,32$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] =$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 1 \cdot (1,29 - 0,3) + 1,29^2] = 1,83$$

$$k_m = 1$$

- Normálové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_c}{A} = \frac{89570}{0,027} = 3,32 \text{ MPa}$$

- Normálové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W} = \frac{240}{0,00081} = 0,30 \text{ Mpa}$$

- Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{3,32}{0,32 \cdot 18} + \frac{0,3}{1 \cdot 27,69} \leq 1$$

$$0,59 \leq 1$$

Vzpěra vyhoví na namáhání osovou silou a ohybem.

6.4.4 Vazný trám

- Průřez:

$$b = 0,195 \text{ m}$$

$$h = 0,220 \text{ m}$$

- Délka prvku:

$$l = 13,7 \text{ m}$$

- Plocha průřezu:

$$A = bh = 0,195 \cdot 0,220 = 0,0429 \text{ m}^2$$

- Průřezový modul:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,195 \cdot 0,22^2}{6} = 0,00157 \text{ m}^3$$

- Moment setrvačnosti:

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,195 \cdot 0,22^3}{12} = 0,000173 \text{ m}^4$$

- Poloměr setrvačnosti:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{0,000173}{0,0429}} = 0,0635 \text{ m}$$

- efektivní délka prvku:

$$l_{ef} = 13,7 \text{ m}$$

- štíhlostní poměr:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot l_{ef}}{i_y} = \frac{1 \cdot 13,7}{0,0635} = 215,72$$

- Poměrný štíhlostní poměr:

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{215,72}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26 \cdot 10^6}{9400 \cdot 10^6}} = 3,61$$

- Součinitel vzpěrnosti:

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{8,67 + \sqrt{8,67^2 - 3,61^2}}; 1 \right\}$$

$$k_c = \min \{0,06; 1\} = 0,06$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] =$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 1 \cdot (3,61 - 0,3) + 3,61^2] = 8,67$$

$$k_m = 1$$

- Normálové napětí v tahu:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_t}{A} = \frac{81320}{0,0429} = 1,90 \text{ Mpa}$$

- Normálové napětí za ohybu:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M}{W} = \frac{1090}{0,001573} = 0,69 \text{ Mpa}$$

- Posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,9}{16,62} + \frac{0,69}{1 \cdot 27,69} \leq 1$$

$$0,14 \leq 1$$

Vazný trám vyhoví na namáhání tahem a ohybem.

6.4.5 Sloupek

- Průřez:

$$b = 0,15 \text{ m}$$

$$h = 0,18 \text{ m}$$

- Délka prvku:

$$l = 2,06 \text{ m}$$

- Plocha průřezu:

$$A = bh = 0,15 \cdot 0,18 = 0,027 \text{ m}^2$$

- Průřezový modul:

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,15 \cdot 0,18^2}{6} = 0,00081 \text{ m}^3$$

- Moment setrvačnosti:

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,15 \cdot 0,18^3}{12} = 0,0000729 \text{ m}^4$$

- Poloměr setrvačnosti:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{0,0000729}{0,027}} = 0,0520 \text{ m}$$

- efektivní délka prvku:

$$l_{ef} = 0,3 \text{ m (část namáhána tlakem)}$$

- štíhlostní poměr:

$$\lambda = \frac{\beta \cdot l_{ef}}{i_y} = \frac{1 \cdot 0,3}{0,0520} = 5,77$$

- Poměrný štíhlostní poměr:

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{5,77}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26 \cdot 10^6}{9400 \cdot 10^6}} = 0,10$$

- Součinitel vzpěrnosti:

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}; 1 \right\} = \min \left\{ \frac{1}{0,9 + \sqrt{0,9^2 - 0,1^2}}; 1 \right\}$$

$$k_c = \min \{1,26; 1\} = 0,32$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2] =$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 1 \cdot (0,1 - 0,3) + 0,1^2] = 0,90$$

$$k_m = 1$$

- Normálové napětí v tahu:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_c}{A} = \frac{3100}{0,027} = 0,11 \text{ Mpa}$$

- Normálové napětí v tlaku:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_c}{A} = \frac{36000}{0,027} = 1,33 \text{ Mpa}$$

- Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{1,33}{1 \cdot 18} \leq 1$$

$$0,13 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,11}{16,62} \leq 1$$

$$0,07 \leq 1$$

Sloupek vyhoví na namáhání osovými silami.

6.4.6 Poznámky ke statickému posouzení

Prvky plné vazby krovu dvojitého věšadla byly vyhodnoceny jako vyhovující současným normám[15], vyjma rozpěry, která se ukázala jako lehce poddimenzována podle nynějších předpisů. Některé výsledky této kapitoly již byly prezentovány v části 5.5.

Type equation here.

7 ZÁVĚR

V teoretické části v kapitolách 2, 3 a 4, se práce zabývá teoretickým postupem hodnocení existujících konstrukcí a to zejména konstrukcemi zděnými a dřevěnými, jsou zde popsány základní fyzikálně-mechanické vlastnosti těchto materiálů a vybrané metody diagnostiky dřevěných a zděných konstrukcí.

Praktická část, kapitoly 5 a 6, se zabývá stavebně technickým průzkumem soustavy pěti hal v Areálu Královopolské a.s. V rámci průzkumu byly popsány a hodnoceny svislé nosné konstrukce, bylo provedeno hodnocení konstrukcí krovů a to podrobnou vizuálně defektoskopickou prohlídkou. V hale označené v rámci průzkumu A, byla zaměřena část konstrukce krovu a bylo provedeno statické posouzení prvků plné vazby dvojitého věšadla.

Výsledky této práce slouží jako podklady pro vznik projektu rekonstrukce objektu. Vznik této práce měl přínos pro autora této práce, který se seznámil s reálným průběhem stavebně technického průzkumu.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Odborná literatura

- [1] HOLICKÝ, Milan. *Zásady hodnocení existujících konstrukcí: sborník k semináři konaném 12. dubna 2006 v Praze v Arcibiskupském semináři*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT v Praze, 2006. ISBN 80-010-3464-X.
- [2] WITZANY, Jiří. *Základy hodnocení existujících konstrukcí: revue littéraire mensuelle*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, [2013], 113 s. ISBN 978-80-01-05419-2.
- [3] HOBST, L.; ADÁMEK, J.; CIKRLE, P.; SCHMID, P. *Diagnostika stavebních konstrukcí - Přednášky*. Brno: FAST VUT v Brně, 2005. s. 1-124.
- [4] WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce: revue littéraire mensuelle*. Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, 458 s. ISBN 978-80-01-04488-9.
- [5] VINAŘ, Jan. *Historické krovy: typologie, průzkum, opravy*. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3038-7.
- [6] ZEIDLER, Aleš. *LEXIKON DŘEVA*. Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská, 2012.
- [7] ADÁMEK, Jiří a kolektiv. *Stavební látky – KERAMIKA, DŘEVO, KOVY A SKLO*.
- [8] REINPRECHT, Ladislav a Jozef ŠTEFKO. *Dřevěné stropy a krovy: typy, poruchy, průzkumy a rekonstrukce*. Vyd. 1. Praha: ABF, 2000, 242 s. ISBN 80-861-6529-9.
- [9] JIRKA, Jindřich. *Královopolská strojírna - brno 1889-1979*. Brno.
- [10] HEŘMÁNKOVÁ, Věra, Michal KLOIBER, Jan TIPPNER a Ondřej ANTON. *DIAGNOSTICKÉ METODY PRO HODNOCENÍ KONSTRUKČNÍHO DŘEVA*. 2011. Brno.

Normy

- [11] ČSN ISO 13822. *Zásady navrhování konstrukcí: hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [12] ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2006

- [13] ČSN EN 1996-1-1 *Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce*. Praha: Český normalizační institut, 2007

Internetové zdroje

- [14] *PAMÁTKY A LIDOVÁ ARCHITEKTURA V ČR* [online]. 2017 [cit. 2017-01-13]. Dostupné z: <http://www.lidova-architektura.cz/>
- [15] *Digitalizované staré mapy Moravy a města Brna* [online]. 2017 [cit. 2017-01-13]. Dostupné z: <http://www.vilemwalter.cz/mapy/>
- [16] HEŘMÁNKOVÁ, Věra. Diagnostické metody pro hodnocení konstrukčního dřeva: přednáška [online]. 2014 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI03/> [11] CIKRLE, Petr. VUT, FAST, Ústav stavebního zkušebnictví. *BI52 Diagnostika stavebních konstrukcí: návod 4* [online]. Brno, 2010, 28 s. [cit. 22.5.2015]. Dostupné z: <http://www.szk.fce.vutbr.cz/index.php?id=vyuka&predmet=BI52>
- [17] *První obalová* [online]. 2017 [cit. 2017-01-13]. Dostupné z: <http://www.prvni-obalova.cz/>
- [18] CIKRLE, Petr. VUT, FAST, Ústav stavebního zkušebnictví. *BI52 Diagnostika stavebních konstrukcí: návod 4* [online]. Brno, 2010, 28 s. [cit. 30.8.2016]. Dostupné z: <http://www.szk.fce.vutbr.cz/index.php?id=vyuka&predmet=BI52>

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1: VYSOKÁ HUSTOTA DŘEVĚNÝCH PRVKŮ PLNÍ MIMO FUNKCI STATICKOU I FUNKCI DEKORATIVNÍ. PRVKY JSOU KLADENY ŠACHOVNICOVĚ A NATŘENY BAREVNÝM NÁTĚREM. [14]	22
OBRÁZEK 2: HRÁZDĚNÁ KONSTRUKCE PATRA DOMU. HRÁZDĚNÍ DŘEVĚNÝMI PRVKY JE OMEZENO, DŘEVĚNÉ PRVKY PLNÍ STATICKOU FUNKCI. [14]	22
OBRÁZEK 3: VAZBY ZDIVA: 1) BĚHOUNOVÁ 2) VAZÁKOVÁ 3) POLOKŘÍŽOVÁ 4) KŘÍŽOVÁ [3].....	23
OBRÁZEK 4: KALIBRAČNÍ VZTAH PRO STANOVENÍ PEVNOSTI V TLAKU STARÝCH PLNÝCH PÁLENÝCH CIHEL Z HODNOTY ODRAZU MĚŘENÉ TVRDOMĚREM SCHMIDT LB. [3]	25
OBRÁZEK 5: TVRDOMĚR SCHMIDT LB PRO ZKOUŠENÍ CIHELNÉHO ZDIVA. [3]	25
OBRÁZEK 6: RUČNÍ KUČEROVA VRTAČKA A ELEKTRICKÁ VRTAČKA PZZ 01. [18]	27
OBRÁZEK 7: SCHÉMA UMÍSTĚNÍ VRTU VE SPÁŘE ZDIVA. [3]	28
OBRÁZEK 8: SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ VRTŮ VE SPÁŘE. [3]	28
OBRÁZEK 9: OBECNÉ KALIBRAČNÍ VZTAHY PRO PEVNOST V TLAKU MALTY VE SPÁŘE ZDIVA Z HLOUBKY VRTU ZJIŠTĚNÉHO RUČNÍ A ELEKTRICKOU VRTAČKOU. [18].....	28
OBRÁZEK 10: ŘEZY DŘEVEM. [6]	33
OBRÁZEK 11: ZMĚNA OBJEMU PRŮŘEZU PRŮŘEZŮ POCHÁZEJÍCÍ Z RŮZNÝCH ČÁSTÍ KMENE. [7]	36
OBRÁZEK 12: ULTRAZVUKOVÝ PŘÍSTROJ TICO.	38
OBRÁZEK 13: RADIOGRAM MASIVNÍHO JEDLOVÉHO TRÁMU V KONSTRUKCI KROVŮ HISTORICKÉHO OBJEKTU. DOBŘE JE PATRNO STRUKTURA DŘEVA, SUKY, TRHLINY VE STŘEDU ROZVINUTÁ STŘEDOVÁ HNILOBA, Z POVRCHU TRÁMU NEVIDITELNÁ. [10]	40
OBRÁZEK 14: PŘÍSTROJ PILODYN. [16]	41
OBRÁZEK 15: GRAFICKÝ ZÁZNAM NAZNAČUJÍCÍ SNÍŽENÍ ODPORU DŘEVA VLIVEM HNILOBY. [10].....	42
OBRÁZEK 16: PŘÍSTROJ BYL NAVRŽEN A TESTOVÁN PRO HODNOCENÍ ROSTLÉHO ZABUDOVANÉHO DŘEVA, ZDRAVÉHO ČI O RŮZNÉM STUPNI DEGRADACE. [10].....	43
OBRÁZEK 17: ZÁZNAM PRŮBĚHU SÍLY A POSUNUTÍ PŘI PRŮNIKU TRNU DO DŘEVA BOROVIC. [10]	44
OBRÁZEK 18: VYBAVENÍ PRO ODBĚR RADIÁLNÍHO VÝVRTU.	45
OBRÁZEK 19: ZATĚŽOVACÍ ČELISTI S DRÁŽKOU PRO RADIÁLNÍ VÝVRT.....	45
OBRÁZEK 20A: OKRUŽNÍ PILA S POJEZDEM UPRAVENÁ PRO ODBĚR TAHOVÝCH MIKROVZORKŮ. OBRÁZEK 20B: ODEBRANÝ MATERIÁL K VÝROBĚ ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ.	46
OBRÁZEK 21: LOKALIZACE OBJEKTU, LOGO PRVNÍ OBALOVÁ.....	48
OBRÁZEK 22: CELKOVÝ POHLED NA SDRUŽENÝ OBJEKT PĚTI HAL, JIŽNÍ NOSNÁ PODÉLNÁ STĚNA A ZÁPADNÍ ŠTÍTOVÁ STĚNA... ..	49
OBRÁZEK 23: CELKOVÝ POHLED NA SDRUŽENÝ OBJEKT PĚTI HAL, SEVERNÍ NOSNÁ PODÉLNÁ STĚNA A ČÁST VÝCHODNÍ ŠTÍTOVÉ STĚNY.	49
OBRÁZEK 24: POHLED NA TOVÁRNU Z ROKU 1893. [KRÁLOVOPOLSKÁ STROJÍRNA BRNO].....	50

OBRÁZEK 25: MAPA KRÁLOVA POLE 1:5000 Z 1907	51
OBRÁZEK 26: GRAFICKÝ POHLED NA ZÁPADNÍ PRŮČELÍ OBJEKTŮ HAL	51
OBRÁZEK 27: ROZDĚLENÍ OBJEKTU NA ČÁSTI A-E, PRO POTŘEBY STP.....	52
OBRÁZEK 28: POLOHA PROVEDENÝCH SOND DO ZDIVA A MALTY OBJEKTŮ HAL OZNAČENÝCH A – D, VE ZVOLENÝCH OSÁCH NOSNÝCH ZDĚNÝCH STĚN I. – IV. NA VNĚJŠÍCH OBVODOVÝCH STĚNÁCH JSOU VAZBY KROVŮ ULOŽENY NA ZDĚNÉ SLOUPKY V OSÁCH I. A IV.	54
OBRÁZEK 29A A 29B: TYPICKÉ ZKUŠEBNÍ MÍSTO (Z3-I) NA OBVODOVÉ NOSNÉ STĚNĚ. CELKOVÝ A DETAILNÍ POHLED.	55
OBRÁZEK 30A A 30B: TYPICKÉ ZKUŠEBNÍ MÍSTO (Z10-III) NA VNITŘNÍ NOSNÉ STĚNĚ. CELKOVÝ A DETAILNÍ POHLED.	56
OBRÁZEK 31: POHLED NA JIŽNÍ STĚNU HRÁZDĚNÉ KONSTRUKCE HALY OZNAČENÉ E. PATRNĚ JSOU VODOROVNÉ ZTUŽUJÍCÍ PRVKY STĚNY. DŘEVĚNÉ PRVKY VIZUÁLNĚ JEVI POMERNĚ ZNAČNOU DEGRADACI VLIVEM OSLUNĚNÍ A CYKICKY PŮSOBÍCÍ VHLKOSTI OD POVĚTRNOSTNÍCH VLVŮ V PRŮBĚHU CCA 120 LET.	59
OBRÁZEK 32: POHLED NA VÝPLŇOVÉ ZDIVO HRÁZDĚNÉ KONSTRUKCE MEZI DVĚMI DŘEVĚNÝMI NOSNÝMI SLOUPY. ZDIVO JE LOKÁLNĚ POMĚRNĚ DEGRADOVANÉ, COŽ ODPOVÍDÁ ÚDŽBĚ A STÁŘÍ KONSTRUKCE. VÝPLŇOVÁ MALTA JE ZNAČNĚ DEGRADOVANÁ VLIVEM KLIMATICKÝCH PODMÍNEK. ZDIVO MÁ FUNKCI VÝPLŇOVOU, PŘÍPADNĚ ČÁSTEČNĚ ZACHYCUJE VODOROVNÉ ÚČINKY OD STŘEŠNÍ KONSTRUKCE.	60
OBRÁZEK 33: DŘEVĚNÝ NOSNÝ SLOUPEK HRÁZDĚNÉ KONSTRUKCE. NA DŘEVU BYLY PROVEDENY PENETRAČNÍ ZKOUŠKY PŘÍSTOJEM PILODYN A PROVEDENO MĚŘENÍ VHLKOSTI. ZDE SE POHYBOVALA HODNOTA PENETRACE ENERGIÍ 6J V ROZMEZÍ 30 – 34 MM, COŽ LZE HODNOTIT JAKO POMĚRNĚ ŠPATNÉ (ODPOVÍDAJÍCÍ STÁŘÍ A ÚDRŽBĚ KONSTRUKCE). HODNOTY VHLKOSTI SE POHYBOVALI V INTERVALU 9,6 – 13,8% (VYŠŠÍ VHLKOST BYLA ZAZNAMENÁNA V PATĚ SLOUPU).	60
OBRÁZEK 34: DETAIL SLOUPU. ZDE SE POHYBOVALA HODNOTA PENETRACE ENERGIÍ 6J V ROZMEZÍ 28 – 32 MM. HODNOTY VHLKOSTI SE POHYBOVALI V INTERVALU 9,3 – 14,2%.	61
OBRÁZEK 35: POHLED NA OCELOVÝ PŘÍHRADOVÝ SLOUP VE STŘEDNÍ OSE HALY OZNAČENÉ B. VÝŠKA SLOUPU OD PODLAHY PO SPODNÍ LÍC HORNÍHO VODOROVNÉHO U PROFILU JE 4920 MM.	62
OBRÁZEK 36: TYPICKÝ DETAIL ULOŽENÍ DŘEVĚNÉHO VAZNÉHO TRÁMU STŘEŠNÍ VAZBY NA OCELOVÝ NOSNÝ SLOUP. DŘEVĚNÝ PRVEK JE VLOŽEN DO OCELOVÉHO U PROFILU S VYLOŽENÍM SMĚREM DO OBOU POLÍ. V OSE SLOUPU JE ULOŽEN POZEDNICOVÝ DŘEVĚNÝ TRÁM STŘEŠNÍ VAZBY.	63
OBRÁZEK 37: ZAMĚŘENÍ GEOMETRIE PŮDORYSNÉHO PRŮŘEZU PŘÍHRADOVÉHO OCELOVÉHO SLOUPU.	63
OBRÁZEK 38: SCHÉMA ZAMĚŘENÉ GEOMETRIE PŘÍHRADOVÝCH SLOUPŮ.	64
OBRÁZEK 39: KONSTRUKCE KROVU V HALE A (ČÁST S KONSTRUKCÍ CENTRÁLNÍHO SVĚTLÍKU).	65
OBRÁZEK 40: KONSTRUKCE KROVU V HALE A (ČÁST S KONSTRUKCÍ SVĚTLÍKU).	66
OBRÁZEK 41: DETAIL SPOJE VAZNÉHO TRÁMU SE SLOUPKEM REALIZOVÁN OCELOVÝM PÁSKEM. SPOJ PŘENÁŠEJÍCÍ TAHOVÉ NAMÁHÁNÍ.	67
OBRÁZEK 42: TYPICKÝ DETAIL SPOJE. PŘIPOJENÍ PÁSKU ČEPOVÁNÍM K VAZNICI A K SLOUPKU S DŘEVĚNÝM KOLÍKEM. PROPOJENÍ ČÁSTÍ VAZNICE OCELOVÝM PRVKEM.	68
OBRÁZEK 43: DETAIL ULOŽENÍ VAZNÉHO TRÁMU. DÁLE ZAPUŠTĚNÍ VZPĚRY DO VAZNÉHO TRÁMU. DETAIL OSEDLÁNÍ POZEDNICE KROKVÍ.	68

OBRÁZEK 44: DETAIL ULOŽENÍ KROKVE NA POZEDNICI V ÚŽLABÍ MEZI OBJEKTY OZN. A A B. DEGRADACE DŘEVENÉHO PRVKU JE VE ZNAČNĚ VYSOKÉM STÁDIU. VLIVEM NASYČENÍ VODOU A NÁSLEDNÉM VYSYCHÁNÍ V OPAKUJÍCÍCH SE CYKLECH ,JSOU NA POVRCHU DŘEVENÉHO PRVKU VYKRESLENY VODOROVNÉ, TZV. VYSYCHACÍ (SESYCHACÍ) TRHLINY. SESYCHACÍ TRHLINY SNIŽUJÍ PEVNOST DŘEVA, JEJIKOŽ SE JEDNÁ O TRHLINY PODÉL VLÁKEN DŘEVĚNÝCH PRVKŮ.	70
OBRÁZEK 45: TYPICKÝ POHLED NA STAV PODBÍTÍ A KROKVÍ (HALA A). JE PATRNÉ, ŽE DOCHÁZELO K OPAKOVANÍM ZATÉKANÍ DEŠŤOVÉ VODY PŘES STŘEŠNÍ PLÁŠŤ. DŘEVĚNÉ PRVKY PODBÍTÍ A KROKVÍ JSOU ZNAČNĚ POŠKOZENY VHLKOSTÍ A PROCESY HNILOBY, JEJICH STAV JE ÚMĚRNÝ NEDOSTATEČNÉ UDRŽBĚ STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ.	71
OBRÁZEK 46: POHLED NA HORNÍ ČÁST STŘECHY V MÍSTĚ STYKU SE SVĚTLÍKEM (HALA A). JE PATRNÉ, ŽE V TÉTO ČÁSTÍ KONSTRUKCE DOCHÁZÍ K DLOUHODOBÉMU ZATÉKÁNÍ DEŠŤOVÉ VODY A DŘEVĚNÉ PRVKY JSOU ZNAČNĚ POŠKOZENY PROCESY HNILOBY. NĚKTERÉ KONSTRUKČNÍ DETAILY, ZEJMÉNA PAK TESAŘSKÉ SPOJE MOHOU BÝT VÝZNAMNĚ DEGRADOVANÉ.	71
OBRÁZEK 47: DETAILNÍ POHLED NA STAV POZEDNICOVÉHO TRÁMU (HALA A/B). NA POVRCHU DŘEVA JE VIDĚT ZNAČNÁ DEGRADACE DOPROVÁZENÁ SESYCHACÍMI TRHLINAMI, KTERÉ ZPŮSOBUJE OSLUNĚNÍ (ZE ZÁPADU) V KOMBINACI S CYKLICKOU ZMĚNOU VHLKOSTI VLIVEM ZATÉKÁNÍ.....	72
OBRÁZEK 48: POHLED NA KONSTRUKČNÍ DETAIL MEZI SLOUPKEM A VAZNÍKEM (HALA B), ZAJIŠŤUJÍCÍ PŘENOS TAHOVÝCH SIL. NA OBRÁZKU JE PATRNÉ VYBOČENÍ SLOUPKU Z OSY KOLMÉ K PRVKU VAZNÉHO TRÁMU. PRVEK JE POMĚRNĚ ZNAČNĚ POŠKOZEN TLAKOVÝMI TRHLINAMI ZPŮSOBENÝMI PRAVDĚPODOBNĚ PŮSOBÍCÍM MOMENTEM V TOMTO MÍSTĚ KONSTRUKCE VZHLEDEM K VYOSENÍ PRVKU.	72

SEZNAM TABULEK

TABULKA 1: ROZDÍLNÁ HLEDISKA PŘI POSUZOVÁNÍ FUNKČNÍCH POŽADAVKŮ NA SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ[1]	16
TABULKA 2: VZTAH MEZI PEVNOSTÍ V TLAKU A NÁZVY CIHEL NA KONCI 19. STOL, A VE 30. LETECH 20. STOL.[3]	23
TABULKA 3: SOUČINITEL VLIVU VÝŠKY A ŠÍŘKY ZDÍČÍCH PRVKŮ Δ [3]	26
TABULKA 4: HODNOTY KONSTANTY K [6]	30
TABULKA 5: OBJEMOVÁ HMOTNOST DŘEVA[7]	35
TABULKA 6: ZÁKLADNÍ FYZIKÁLNĚ MECHANICKÉ VLASTNOSTI DŘEVA [7]	36